



# Landesinstitut für Schule und Weiterbildung

Referat I/4

## Fächerübergreifender Unterricht Naturwissenschaft (FUN)

"Umwelt erkunden - Umwelt verstehen"

Baustein "Wetterbeobachtung - Klima - Klimagefahren"

### Das Wetter



Kontaktadresse:  
Landesinstitut für Schule und Weiterbildung  
Referat I/4  
Paradieser Weg 64  
59494 Soest  
Tel.: 02921/683-257

Autoren:  
Armin Kremer, Soest/Marburg  
Lutz Stäudel, Kassel

Gestaltung:  
Annette Romberg

Grafik:  
Angela Bender

Titelbild:  
Christine Marwedel

5. Auflage  
Soest, Oktober 1995

---

**Inhaltsverzeichnis**

Seite

1.	Stellung des Materialbausteins im Curriculum "Umwelt erkunden - Umwelt verstehen"	4
2.	Vorbemerkung	6
3.	Sach-/Problemstrukturskizze	8
4.	Entdeckerbaum	10
5.	Erfahrungsbericht	11
6.	Anregungen für den Unterricht	15
7.	Literatur - Filme - Adressen	16
8.	Sachinformationen, Bauanleitungen, Unterrichtsbeispiele, Arbeitsblätter, Experimente	19
8.1	Wetter-Elemente: Bauanleitungen einfacher Geräte zur Wetterbeobachtung und Experimente	19
8.2	Zur Handhabung und Ablesung professioneller Wetterbeobachtungs-Instrumente	29
8.3	Unterrichtsbeispiele, Arbeitsblätter	40
8.4	Sachinformationen	50

## **1. Stellung des Materialbausteins im Curriculum "Umwelt erkunden - Umwelt verstehen"**

Das Entwicklungskonzept "Umwelt erkunden - Umwelt verstehen" versteht sich als Fortführung und Erweiterung von Ansätzen zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht. Bewußt wird in dieser Konzeption die Tradition des "Koordinierten Naturwissenschaftlichem Unterrichts" (KoNaWi) aufgenommen mit der Perspektive neue Wege zu finden, naturwissenschaftlichen Unterricht so zu verändern, daß durch mehr Lebensbezug eine höhere Akzeptanz und Lerneffektivität erreicht wird.

"Umwelt erkunden - Umwelt verstehen" bezieht sich vorläufig nur auf die Jahrgangsstufen 5-7 an Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen. In diesen Jahrgängen bestehen relativ große Freiräume, die eine Erprobung von "Umwelt erkunden - Umwelt verstehen" wesentlich erleichtern. Erst auf der Basis der gesammelten Erfahrungen aus der Schulpraxis kann eine Weiterentwicklung bzw. Ausdehnung der Konzeption auf weitere Jahrgänge erfolgen.

1989 begann am Landesinstitut für Schule und Weiterbildung (Soest) eine Arbeitsgruppe, die Konzeption eines offenen und fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichtes zu entwerfen. Begleitend entwickelte die Arbeitsgruppe erste Materialbausteine zu den Themenbereichen "Wasser", "Sinne", "Umgang mit Tieren", "Feuer", "Umgang mit Pflanzen" und "Wetterbeobachtung - Klima - Klimagefahren".

Die didaktische Konzeption für den Unterricht und die Entwicklung der Materialbausteine orientieren sich an fünf Strukturelementen (vgl. "Arbeitskonzept zur Entwicklung eines Curriculums für die Jahrgänge 5-7"):

- \* Lebenswelt
- \* Natur/ Technik/ Umwelt
- \* Offenheit
- \* Entgegenwirken ungünstiger Sozialisierungseffekte und Förderung der Bedürfnisse und Interessen von Mädchen
- \* Pädagogisches Profil der Gesamtschule

Das Element Offenheit bestimmt zudem wesentlich die Materialstruktur der Materialbausteine, d.h. die angebotenen Materialien (Experimente, Texte, Spiele, Bastelanleitungen...) stellen weder Beschreibungen von Unterrichtsstunden dar, noch handelt es sich um die Vorstellung linearer Unterrichtseinheiten. Sie sind vielmehr als Vorschläge, Ideen und Anregungen zu verstehen, Unterricht zu planen. Die offene Form der Materialstruktur ergibt sich notwendig aus der Absicht, SchülerInneninteressen, regionale und aktuelle Bezüge als zentrale Entscheidungskriterien bei der individuellen Themenfindung und Unterrichtsgestaltung in den Vordergrund zu stellen.

Die Sach- und Problemstrukturskizze, die jeweils den Materialien vorangestellt ist, versteht sich als eine von mehreren Orientierungsmöglichkeiten für methodisch-didaktische Entscheidungen bei der Themenauswahl und konkreten Unterrichtsplanung.

"Umwelt erkunden - Umwelt verstehen" soll kein Curriculum werden, das irgendwann detailliert naturwissenschaftlichen Unterricht beschreibt. Vielmehr wird ein offenes Curriculum angestrebt,

das auf der Basis von Unterrichtspraxis Handlungs- und Gestaltungsmöglichkeiten für Unterricht aufzeigt. Nur unter der Beteiligung von Kolleginnen und Kollegen an den Schulen kann diese Zielsetzung verwirklicht werden. Wir hoffen daher, über die bereits vorgelegten Bausteine Kontakte zu interessierten LehrerInnen zu knüpfen, und so einen diskursiven Prozeß des Austausches und der Kooperation zwischen UnterrichtspraktikerInnen und der Arbeitsgruppe in Gang zu setzen. In diesem Sinne sind die von der Arbeitsgruppe bereits entwickelten Materialbausteine als Angebot zu verstehen, das durch Ihre Erfahrungen und Ideen verändert und ergänzt werden soll.

Wir möchten daher alle Lehrerinnen und Lehrer, die im Lernbereich Naturwissenschaften unterrichten, zur engagierten Mitarbeit einladen.

Ihre Erfahrungen und Ihre Themengestaltungen sind ein wichtiges Element der Materialstruktur. Sie werden als Umsetzungsbeispiele in die überarbeiteten Curriculumbausteine aufgenommen. Solche Beschreibungen in Form von Projektskizzen oder kurzen Berichten bündeln nicht nur Unterrichtserfahrungen, sondern relativieren, akzentuieren und verändern die Konzeption eines neuen naturwissenschaftlichen Unterrichts. Die Überarbeitung der Bausteine im Verlauf des diskursiven Prozeßes sichert nicht nur schulische Erfahrungen, sondern macht diese wiederum anderen LehrerInnen zugänglich.

Wir, die Arbeitsgruppe, würden uns freuen, wenn wir in Kooperation mit Ihnen einen dynamischen und offenen Prozeß der Curriculum- und Materialentwicklung für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Gang setzen können.

Wir sind daher gespannt auf jede Rückmeldung von Ihnen in Form von

- |                       |                  |
|-----------------------|------------------|
| * Erfahrungsberichten | * Projektskizzen |
| * Kritik              | * Wünschen       |
| * Meinungen           | * Lob            |
| * Materialien         | * Ideen          |
| * Vorschlägen         | * ....           |

Nehmen Sie Kontakt mit uns auf!

Landesinstitut für Schule und Weiterbildung  
Referat I/4  
Paradieser Weg 64  
59494 Soest  
Tel.: 02921/683-257

Ansprechpartnerin:  
Ansprechpartner:

Christine Marwedel  
Dr. Armin Kremer

## 2. Vorbemerkung

Wetter ist immer da. Mögen wir es als "schönes" Wetter loben oder als "Sauwetter" beschimpfen, leben müssen wir mit jedem Wetter.

Ein möglicher Schwerpunkt des Unterrichts sollte deshalb die bewußte Wahrnehmung typischer Wettererscheinungen (innerhalb der vier Jahreszeiten) sein: Wind, Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Luftdruck, Niederschlag/Regen ...

Ausgehend von außerschulischen Erkundungen und anderer Aktivitäten (siehe "Anregungen für den Unterricht", S. 15) können Schülerinnen und Schüler einfache Beobachtungs- und Meßgeräte selber bauen und längerfristige Beobachtungen protokollarisch durchführen.

Sofern sich in der Nähe der Schule eine Wetterstation befindet oder die Schule sogar selber eine Wetterstation besitzt, dann sollten natürlich die darin untergebrachten professionellen Wetterbeobachtungsinstrumente genutzt und die Ergebnisse mit den nicht-professionellen, d. h. selbstgebauten Instrumenten verglichen und interpretiert werden.

Es sollte den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit gegeben werden, die beobachteten Phänomene mit Hilfe ihrer Alltagserfahrungen und ihrem Alltagswissen sowie selbständig zu entwickelnden Experimenten zu beschreiben und zu erklären.

Die in den Materialien aufgeführten physikalischen Begriffe und Zusammenhänge dienen vor allem als strukturierende Hilfe für die unterrichtende Lehrerin / den unterrichtenden Lehrer.

Eine differenzierte Aufbereitung kann dann erfolgen, wenn die Notwendigkeit einer physikalischen Erklärung für die Schülerinnen und Schüler einsichtig, d. h. nachvollziehbar wird. Dies hängt auch mit dem sich erweiternden Alltagswissen der Schülerinnen und Schüler zusammen und wird in den Jahrgangsstufen 8 - 10 eher leistbar sein. In den Jahrgangsstufen 5 - 7 wird man ein Schwerpunkt darauf legen, Beobachtungen mit dem bloßen Auge und instrumentell gewonnene Meßwerte miteinander zu vergleichen und zu interpretieren, z. B.:

"Was beobachtet man bei einer gemessenen Windstärke 5 an der Keilwindfahne nach WILD?"

"Was beobachtet man bei einer gemessenen Luftfeuchtigkeit morgens von 90 % und mittags von 35 %?"

...

Auch Übereinkünfte, Begriffe innerhalb der Meteorologie nach ihrem Ursprung benennen zu können, kann dabei eingeübt werden (z. B. Westwind ist Wind, der aus dem Westen kommt und nicht nach Westen weht).

Wetter auf Wettererscheinungen und ihre experimentelle Beobachtung zu beschränken hieße, das Thema reduktionistisch zu behandeln. Was Schülerinnen und Schüler mit dem Thema Wetter assoziieren, beschränkt sich nicht auf die Physik im engeren Sinne.

"Wie entsteht 'Smog'?", "Wie wirkt sich das Wetter auf die Gesundheit aus? Meine Oma merkt immer, wenn sich Regen ankündigt!", "Was versteht man unter dem Treibhauseffekt?", "Was ist das 'Ozonloch'?", "Wie wird das Klima in 100 Jahren sein?", "Seit wann werden Wetterbeobachtungen

durchgeführt?", "Treffen die Bauernregeln heute noch zu?" sind von Schülerinnen und Schülern immer wieder gestellte Fragen, die in ihre Erfahrungswelt hineinreichen und hineinwirken. Daß solche thematischen Akzentuierungen vielfach die Grenzen des traditionellen Physikunterrichts sprengen, ist hinlänglich bekannt.

Die zusammengestellten Materialien und Unterrichtsbeispiele sollen die Lehrerin/den Lehrer befähigen, sich zu diesen u. a. Fragen und Themenkomplexe einzuarbeiten und sachkundig zu machen.

### 3. Sach-/Problemstrukturskizze

#### *Lebensweltliche Aspekte*

- \* Smog
- \* "Ozonloch", Klimaveränderungen
- \* Wetterfühligkeit
- \* Gesundheit/Krankheit
- \* Umweltschutz/lokal - global
- \* Luftbelastung und Gesundheit
- \* Be-Kleidung

Die Sach-/Problemstrukturskizze zum Wetter entwickelt sich aus dem Verhältnis, in dem Wetter, Klima und gesellschaftlich erzeugte bzw. mitverursachte Klimagefahren zueinander stehen. Das bislang oft als Kreislauf gekennzeichnete Verhältnis ist inzwischen empfindlich gestört.

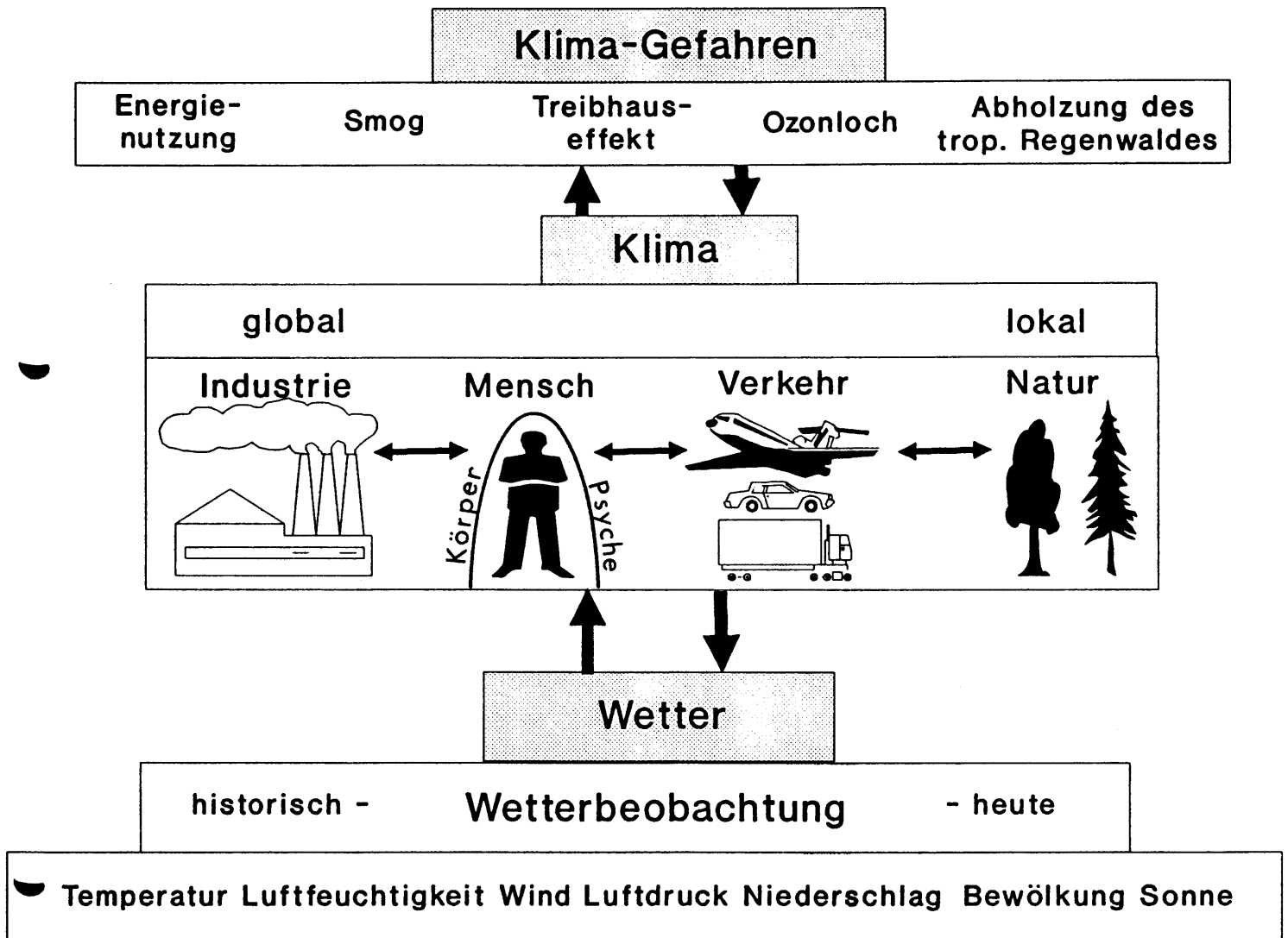
Es ist erkennbar, daß sich bei einer Verfeinerung der Skizze die jeweiligen Wetter-, Klima- und Klimagefahren-Elemente unter verschiedenen Aspekten und Fragestellungen weiter differenzieren lassen. Die Zuordnung von bestimmten (Fach-)Inhalten ist dabei keineswegs zwingend, die fachübergreifenden Bezüge durchaus verschieden.

Die Sach-/Problemstrukturskizze soll keineswegs den Rahmen für das unterrichtliche Vorgehen darstellen, vielmehr soll sie der/dem Unterrichtenden als Hilfestellung für Planung, Auswahl, Veränderung und Verknüpfung seiner Arbeit dienen.

Es soll darauf hingewiesen werden, daß bei der unterrichtlichen Behandlung der Thematik eine Orientierung an dem Kreislaufcharakter von Wetterphänomenen keineswegs zwingend ist. Vorstellbar ist natürlich auch die ausschnittthafte (nicht reduktionistische), experimentelle und/oder theoretische Bezugnahme auf (Teil-) Aspekte des Themas, wobei auch hier die lebensweltlichen Erfahrungen und Interessen der Schülerinnen und Schüler im Vordergrund stehen sollen.

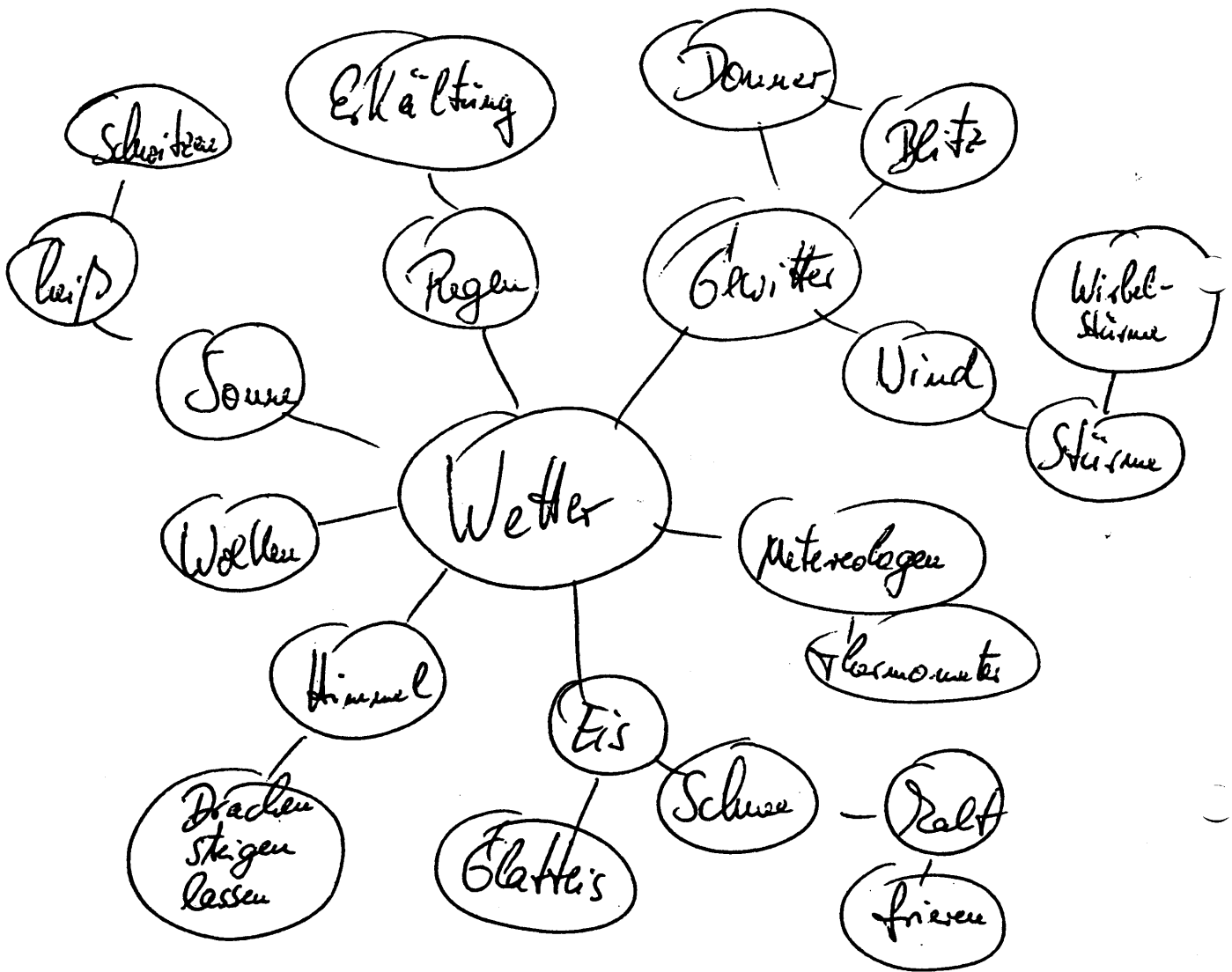


# Sach-/Problemstrukturskizze "Wetter"



### 4. Entdeckerbaum

Begriffliche Assoziationen von SchülerInnen zum "Wetter" (Brainstorming)



## 5. Erfahrungsbericht

Die Materialien geben einerseits Anregungen und bilden andererseits die Grundlage für kleinere Unterrichtseinheiten in den Jahrgangsstufen 5, 7 und 8 (2 Stunden Naturwissenschaften und 3 Stunden KlassenlehrerInnenunterricht in der Jahrgangsstufe 5 und 7; 3 Stunden Naturwissenschaften in der Jahrgangsstufe 8).

In den Jahrgangsstufen 5 und 7 hieß das Thema der fünfwöchigen Unterrichtseinheit "Wir beobachten das Wetter". Beobachtet wurde mit Hilfe selbstgebaute Geräte (Zeitaufwand: 4 Stunden wöchentlich, 2 Wochen) und mit Hilfe professioneller Wetterbeobachtungsinstrumente in der Wetterstation der Schule. Die Beobachtungen und Messungen mit den selbstgebaute und den professionellen Geräten fanden täglich (Montag bis Freitag) um 8.00 Uhr und um 13.00 Uhr statt. Sie wurden im Wechsel von jeweils zwei SchülerInnen mit einem Zeitaufwand von ca. 15 - 20 Minuten durchgeführt. Auf einem 1,5 Meter x 1,0 Meter großen Wetterbeobachtungsbogen trugen die SchülerInnen ihre Beobachtungen und Meßwerte ein.

Integraler Bestandteil der Unterrichtseinheiten war die Vorführung eines Filmes "Wie entsteht der Wetterbericht?" (siehe "Filme", S. 17) in der Klasse 5 und ein Diavortrag eines pensionierten Meteorologen zum Thema "Klimaveränderungen in deutschen Großstädten?" in der Klasse 7 (siehe auch das Unterrichtsbeispiel und die Materialien zum Thema "Smog", S. 44 ff.).

### Unterrichtseinheit "Wir beobachten das Wetter"

Der für die 5. Jahrgangsstufe z. T. zu anspruchsvolle Film über die Entstehung des Wetterberichtes brachte etliche SchülerInnen und Schüler auf die Idee zu überprüfen, ob ihre täglichen Beobachtungen und Messungen der vergangenen 2 Wochen die Wettervoraussagen der Wetterberichte in dem gleichen Zeitraum bestätigen würden. Obwohl die Schülerinnen und Schüler nicht zu den üblichen Zeiten, 7.00 Uhr, 14.00 Uhr und 21.00 Uhr, sondern nur um 8.00 Uhr und um 13.00 Uhr Beobachtungen und Meßwerte notiert hatten, und sie im Beobachten und genauen Ablesen der professionellen Instrumente nicht sehr geschult waren, ergaben sich z. T. dennoch recht gute Übereinstimmungen einzelner Werte (z. B. Temperatur, Luftfeuchtigkeit sowie Windrichtung und -stärke). Größere Abweichungen ergaben sich bei der Messung der Niederschlagshöhe und der Klassifizierung der Bewölkungsart und -dichte. Das machte den Schülerinnen und Schülern deutlich, daß es hierzu einer geschulten, d. h. differenzierten Beobachtung bedarf.

Eine Schülerinnengruppe hatte die Idee, die Bauernregeln zusammenzustellen, die der Bauernkalender für den Beobachtungszeitraum aufstellt. Sie sammelten hierzu die in der Tageszeitung auf der Seite mit dem Wetterbericht angegebenen Tages-Bauernregeln. Da die Zeitungsredaktion den Schülerinnen nicht die Quelle der täglich abgedruckten Bauernregeln mitteilen konnte ("Wieso wollt Ihr das wissen? Ihr seid die ersten, die danach fragen."), referierten die Schülerinnen über das Thema "Kennen die Bauern das Wetter?" und "Wettervorhersage: Von der Bauernregel zum Wettersatellit" (siehe S. 53 ff.).

### **Unterrichtseinheit "Klimaveränderungen in deutschen Großstädten"**

Im Diavortrag über "Klimaveränderungen in deutschen Großstädten?" wurden im wesentlichen folgende Gefahren einer Klimaveränderung vorgestellt: "Smog" durch Industrie und Verkehr, Gesundheitsschäden durch Luftverunreinigungen, politische und technische Möglichkeiten zur besseren Luftreinhaltung.

Die auf einer Wandzeitung zusammengestellten Fakten und Gefahren für das Großstadtklima aus dem Vortrag animierte viele Schülerinnen (5 von 7) und nur 2 Schüler (2 von 12) nachzuforschen, wie es um das Klima in ihrer Stadt bestellt sei.

Erste private Gespräche und Erkundungen ergaben jedoch, daß für ein solches Vorhaben nochmals zwei bis drei Wochen nötig wären, um Gespräche mit entsprechenden Behörden zu führen und diese und weiteres Informationsmaterial auszuwerten. Da das Schuljahresende aber bevorstand, wurde das Vorhaben auf das kommende Schuljahr verlegt.

Die gleiche Klasse, nunmehr im 8. Jahrgang, führte, in Arbeitsgruppen aufgeteilt, vorbereitete Befragungen mit einem Mitarbeiter der städtischen Luftmeßstation durch und wertete die Luftmessungsberichte der vergangenen 8 Monate zusammen mit diesem Mitarbeiter, der Physiklehrerin und einem Chemielehrer aus.

Andere Schülerinnen und Schüler führten Gespräche mit einem Vertreter des städtischen Umweltamtes und Vertreterinnen bzw. Vertretern der politischen Parteien SPD, CDU, FDP und DIE GRÜNEN und einer regionalen Bürgerinitiative (gegen den Ausbau der Stadtautobahn) durch.

Den Schülerinnen und Schülern war sofort aufgefallen, daß die politischen Vertreter der Stadt sehr schlecht oder gar nicht über das zeitweilig sehr schlechte Stadtklima und seine Bedeutung für die Gesundheit der Bewohner informiert waren.

Die Schülerinnengruppe, die sich mit dem Vertreter der Bürgerinitiative gegen den Ausbau der Stadtautobahn unterhielten, kamen zu dem gleichermaßen für sie wie für die anderen Schülerinnen und Schüler der Klasse *überraschenden* Ergebnis, daß nicht nur die Auto-Bahn-Abgase, sondern auch der Auto-Bahn-Lärm auf das "Klima" der Stadt Auswirkungen hat.

### **Fazit**

- Auch wenn man/frau Physik studiert hat, der Themenbereich "Grundlagen der Meteorologie" war nur in den seltensten Fällen Bestandteil des Studiums; das gilt auch für das Geographiestudium.

Insofern unterrichtet die Physiklehrerin/der Physiklehrer fachfremd.

Dies erwies sich als gewisser Vorteil, weil die Kollegin/der Kollege mit den Erwartungen und den Interessen der Schülerinnen und Schüler offener umgingen, sie stellten sich nach eigenem Bekunden nicht so sehr unter den Fach-Zwang, recht bald auf die Physik des Wetters hinzuarbeiten.

- Die "Bauanleitungen einfacher Geräte zur Wetterbeobachtung und Experimente" (siehe S. 19 ff.) haben sich ebenso bewährt wie die (auf den ersten Blick eher) technokratisch anmutenden Anleitungen "Zur Handhabung und Ablesung professioneller Wetterbeobachtungsinstrumente" (siehe S. 29 ff.).
- Die als "Sachinformationen" gekennzeichneten Materialien sind in erster Linie für die Hand der Lehrerin/des Lehrers bestimmt. Nur sie/er kann aufgrund der Kenntnis ihrer/seiner Schülerinnen und Schüler entscheiden, ob und wie diese Sachinformationen für die Schülerin/den Schüler als Arbeitsmaterial zu gestalten sind.
- Das Thema hat in den genannten Varianten erstaunlicherweise viele Mädchen angesprochen. Beim Bau einfacher Beobachtungsinstrumente (und ihrer ästhetischen Gestaltung!) waren sie ebenso begeistert und aktiv wie die Jungen. Das ging manchmal soweit, daß die Jungen ihre Geräte nachbesserten, damit sie vor den Mädchen bestanden.
- Läßt man Mädchen wie Jungen gleichermaßen Zeit, ihre Beobachtungen von Wetterphänomenen zu beschreiben, d. h. ohne daß die Erwartung bei ihnen entsteht, nur die physikalische "richtige" Beobachtung gilt als Antwort, so kann man feststellen, daß die Alltagserfahrungen und das Alltagswissen der Schülerinnen und Schüler zu einzelnen Wetterphänomenen und Wettervoraussagen durchaus fundiert sind.  
So hatten die meisten Mädchen und Jungen im 5. Jahrgang keine Schwierigkeiten anschaulich zu verstehen, daß die Luft auf den Menschen einen Druck ausübt (das Beispiel Druckunterschied beim Tauchen wurde genannt), und daß die Luft unterschiedlich feucht und mit Feuchtigkeit sogar gesättigt sein kann (genannt wurde der mit Wasser getränkte Badeschwamm, der dann tropft, wenn er zuviel Wasser aufgenommen hat).  
Stets dann, wenn Versuche seitens der Lehrerin unternommen wurden, einen Sachverhalt physikalisch zu bestimmen bzw. zu charakterisieren bzw. zu definieren, dann war das für Mädchen wie für Jungen gleichermaßen einsichtig bzw. nachvollziehbar, wenn Teile ihres Alltagswissens mit transferiert wurden (siehe die genannten Beispiele).
- Bei den Jungen, die von den professionellen Wetterbeobachtungsinstrumenten wie Thermo-Hygrograph und Minimum-Maximum-Thermometer fasziniert waren (lediglich 2 Mädchen fanden diese Geräte auch "toll"), war zu bemerken, daß sie die (wenigen) physikalischen Begriffe und Definitionen als "Show-Wissen" benutzten, um den Mitschülerinnen, aber auch den Mitschülern ihre Überlegenheit zu demonstrieren. Da es sich bei diesen Schülern um solche handelte, die am Unterricht stets aktiv mitarbeiteten, verwundert es nicht, daß diese Art von Wissens-Demonstration von der Lehrerin meist auch positiv bewertet wurde.  
Sobald diese Schülerhaltung seitens der Lehrerin etwa durch ein "Extra-Lob" verstärkt wird, und das Augenmerk mehr auf die verhaltenen und unauffälligen Schülerinnen und Schüler gerichtet wird, um so mehr erfahren diese für sich eine positive Verstärkung, was sich - über einen längeren Zeitraum praktiziert - auf das gesamte soziale Klima des Unterrichts auswirkt (auswirken kann).
- Das Arbeiten in kleinen (z. B. Zweier-) Arbeitsgruppen hat sich - wie bereits beschrieben - als durchaus positiv erwiesen. In solchen kleinen Arbeitsgruppen kann lernwirksam werden, was insbesondere im naturwissenschaftlichen Unterricht der traditionellen Form fast völlig ausge-

blendet wurde, die Motivation, die die Schülerin/der Schüler auf die andere Schülerin / den anderen Schüler ausüben kann.

- Daß für das (in den dargestellten Formen behandelte) Thema "Wetterbeobachtung - Klima - Klimagefahren" nicht *alle* Schülerinnen und Schüler interessiert werden konnten, mag bedauerlich sein, verwundern sollte es jedoch nicht.

## **6. Anregungen für den Unterricht**

### **6.1 Außerschulische Erkundungen**

- Besuch des (Lernortes) Wetteramt (siehe S. 44);
- Beobachtung des Zusammenhangs von Wetter und Jahreszeit mit Mode, Arbeitsleben und Straßenleben. Ausgangspunkt kann die Beobachtung der Kleidung am eigenen Leib sein;
- Beobachtung der Wirkung des Wetters auf die Pflanzenwelt sowie die Wirkung des Pflanzenwuchses, der Gewässer und Bodenbeschaffenheit auf das Wetter, auf Siedlung und Industrie (ökologischen Kreislauf erkunden);
- Nutzung des Wetters in der Landwirtschaft, Wasserwirtschaft, Energiewirtschaft (Bau eines Sonnenkollektors, Photovoltaik);
- Indirekte Nutzung des Wetters durch die Bauwirtschaft, die Modeindustrie;
- Erkundung des Raumklimas in der Schulklasse/im einem Raum der Wohnung/an der Arbeitsstätte.

### **6.2 Sonstige Aktivitäten**

- Versuchen die Jahreszeiten (eine Jahreszeit) in ihrer Wirkung auf uns und die Natur zu charakterisieren (schreiben, zeichnen, fotografieren);
- Suchen von regionalen Wetterregeln, z. B. in Bauernkalendern und beobachten, ob sie zutreffen (siehe S. 56 ff.);
- Berichte zusammenstellen über besondere (extreme) Wetterereignisse (in der Region, in der Welt) mit ihren natürlichen und sozialen Folgen: Smog, Hitzewelle, Überschwemmungen, Sturmfluten, Orkane, Wolkenbrüche, Eis- und Schneeinbrüche (je nach Jahrgangsstufe sollte man versuchen, die Beobachtungen auch meteorologisch zu erklären).

## 7. Literatur - Filme - Adressen

### 7.1 Literatur

AG Naturwissenschaften sozial (Hg.): Luft zum Leben I. Soznet Materialien für den Unterricht, Bd. 31. Marburg 1991

K. Allgeier: Der 100jährige Kalender. München 1991<sup>6</sup>

Alte Bauernregeln. München 1990<sup>6</sup>

S. Aust: Das Wetter. Reihe: Was ist was. Nürnberg 1987

J. Beck, H. Wellershoff: Sinneswandel. Die Sinne und die Dinge im Unterricht. Frankfurt/M. 1989

H. Bücken (Hg.): In und mit der Natur. Gelnhausen 1983

Deutscher Wetterdienst (Hg.): Aspirations-Psychrometer-Tafeln: Braunschweig 1979<sup>6</sup>

Deutscher Wetterdienst, Zentralamt (Hg.): Allgemeine Meteorologie. Leitfäden für die Ausbildung im Deutschen Wetterdienst Nr. 1. Offenbach 1987<sup>3</sup>

Deutscher Wetterdienst: Anleitung für die Beobachtung an den Klimahauptstationen des Deutschen Wetterdienstes. Offenbach 1986<sup>9</sup>

G. Gerosa: Klimaschock. Rastatt 1987

R. Hahn (Hg.): Unser Planet. Geographie für das 5. und 6. Schuljahr. Braunschweig 1979

R. Henning: Katalog bemerkenswerter Witterungsereignisse von den ältesten Zeiten bis zum Jahre 1800. Abhandlungen, Bd. II; Veröffentlichungen des Königlich-Preußischen Meteorologischen Instituts. Berlin 1908.

Hessisches Institut für Bildungsplanung und Schulentwicklung (HIBS) (Hg.): Wetter. Vorschläge für eine Unterrichtseinheit. Materialien zum Unterricht, Sek. I, Heft 90. Physik 5. Wiesbaden 1989

HIBS (Hg.): Wärmelehre und Wetterkunde. Materialien zum Unterricht. Physik 3, Wiesbaden 1979<sup>2</sup>

Kinder entdecken ... Naturereignisse. Amsterdam 1988

H.-G. Körber: Vom Wetteraberglauben zur Wetterforschung. Leipzig 1987

A. Kremer: Rüstung im Weltraum. Von der V 2 bis SDI. Soznet Materialien für den Unterricht Band 24. Marburg 1987



R. Mangelsen: Praktische Wetterkunde. Erkennen, Bestimmen, Vorhersagen. Stuttgart 1986

Meyers kleines Lexikon. Meteorologie. Mannheim 1987

M. Müller: "Bis heute hat sich nichts an dem folgenlosen Ritual geändert" In: Frankfurter Rundschau vom 20.12.1991, S. 14

N. Myers (Hg.): Gaia. Der Öko-Atlas unserer Erde. Frankfurt/M. 1985

G.D. Roth: Wetterkunde für alle. München 1971

T. Rowland-Entwistle: Wolken, Wind und Wetter. Freiburg 1991

K. Schneider, A. Schnell (Bearb.): Wetterbeobachtung. Leitfäden für die Ausbildung im Deutschen Wetterdienst Nr. 4. Offenbach 1967

B. Suter, Chr. Rohrer: Wetter. Bausteine für das Werken. Winterthur 1982

H. Trenkle: Wetterfähigkeit. Vorbeugen und behandeln. Der Einfluß von Wetter und Klima auf Körper und Psyche. Niedernhausen 1989

D. Walch, E. Neukamp: Wolken Wetter. Wetterentwicklungen erkennen und vorhersagen. München 1989

J.-P. Verdet: Wind und Wetter. Ravensburg 1986

R. Wildegger: Praktisches Wetterlexikon. München 1987

F. Wilson, F. Mansfield: Wir entdecken und bestimmen das Wetter. Ravensburg 1987

## 7.2 Filme

- Klimatypen in Europa (FT 579)
- Warum weht der Wind? (FWU 322 832)
- Wie entstehen die Wolken? (FWU 322 831)
- Wie entsteht der Wetterbericht? (FWU 323 089)

### 7.3 Anschriften der Dienststellen des Deutschen Wetterdienstes

Deutscher Wetterdienst  
Zentralamt  
Frankfurter Straße 135  
6050 Offenbach am Main  
Tel.: 069/8062-0

#### Dienststellen mit überregionalen Aufgaben

Meteorologisches Observatorium Hamburg  
Frahmredder 95  
2000 Hamburg 65  
Tel.: (040) 60173-02

Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg  
Albin-Schweiger-Weg 10  
8126 Hohenpeißenberg  
Tel.: (08805) 1071/72

Meteorologisches Observatorium Postdam  
Telegrafenberg  
1581 Potsdam  
Tel.: (003733) 316-203/275

Aerologisches Observatorium Lindenberg  
1213 Lindenberg  
Tel.: Beeskov (0037 376)246  
Gilenicke (0037 9086) 244

Instrumentenamt Hamburg  
Frahmredder 95  
2000 Hamburg 65  
Tel.: (040) 60173-01

Instrumentenamt München  
August-Schmauß-Str. 1  
8042 Oberschleißheim  
Tel.: (089) 3 15 16 63

Instrumentenamt Potsdam  
Michendorfer Chaussee 23  
1581 Potsdam  
Tel.: (003733) 316-371/372

Zentrale Agrameteorologische Forschungsstelle Braunschweig  
Bundes-Allee 50  
3300 Braunschweig  
Tel.: (0531) 51064/85

Agrameteorologische Beratungs- und Forschungsstelle Bonn  
Siebengebirgsstraße 200  
5300 Bonn 3  
Tel.: (0228) 434511  
Telex: 885 634  
Telefax: (0228) 434524

Agrameteorologische Beratungs- und Forschungsstelle Gelsenheim  
Kreuzweg 25  
6222 Gelsenheim (Rhg.)  
Tel.: (08722) 6022

Telex: 42111

Agrameteorologische Beratungs- und Forschungsstelle Halle  
Postschließfach 838  
4002 Halle / Saale  
Tel.: (003746)29191/2

Agrameteorologische Beratungs- und Forschungsstelle Quickborn  
Heinrich-Hertz-Straße  
2085 Quickborn  
Tel.: (04106) 2037/8  
Telex: 213 582  
Telefax: (04106) 2038

Agrameteorologische Beratungs- und Forschungsstelle Weihenstephan  
Hohenbachernstraße 19 und 21  
8050 Freising 11  
Tel.: (08161) 13038

Zentrale Medizinmeteorologische Forschungsstelle Freiburg  
Stefan-Meier-Straße 4  
7800 Freiburg 1  
Tel.: (0761) 28202-0

Wetterdienstschule Langen  
Paul-Ehrich-Straße 39  
6070 Langen (Hessen)  
Tel.: (06103) 707400

Wetterdienstschule Außenstelle Potsdam  
Michendorfer Chaussee 23  
1581 Potsdam  
Tel.: (003733) 316326

Aerologische Forschungs- und Erprobungsstelle München  
August-Schmauß-Str. 1  
8042 Oberschleißheim  
Tel.: (089) 3151663

#### Wetterämter

Seewetteramt Hamburg  
Bernhard-Nocht-Straße 76  
2000 Hamburg 36  
Tel.: (040) 3190-1

Wetteramt Berlin  
Platz der Luftbrücke 2  
1000 Berlin 42  
Tel.: (030) 690083-0

Wetteramt Bremen  
Flughafendamm 45  
2800 Bremen 1  
Tel.: (0421) 5372-160

Wetteramt Dresden  
Schuchstraße 7  
8122 Radebeul 2  
Tel.: (003751) 75509/75856

Wetteramt Essen  
Wallneyer Straße 10  
4300 Essen 1

Tel.: (0201) 712021/24

Wetteramt Frankfurt  
Kaiserleistraße 42  
6050 Offenbach am Main  
Tel.: (069) 8062-534/549

Wetteramt Freiburg  
Stefan-Meier-Straße 4  
7800 Freiburg 1  
Tel.: (0751) 28202-0

Wetteramt Hannover Flughafen  
3000 Hannover 42  
Tel.: (0511) 97396-0

Wetteramt Leipzig  
Leninstraße 169  
7027 Leipzig  
Tel.: (003741) 8611202

Wetteramt München  
Bavariaring 10  
8000 München 2  
Tel.: (089) 539803-0

Wetteramt Nürnberg  
Flughafenstraße 100  
8500 Nürnberg 99  
Tel.: (0911) 36505-0

Wetteramt Potsdam  
Michendorfer Chaussee 23  
1581 Potsdam  
Tel.: (003733) 316-316/320

Wetteramt Rostock  
Parkstraße 47  
2530 Rostock-Warnemünde  
Tel.: (003781) 5021

Wetteramt Schleswig  
Regenpfeifenweg 9  
2380 Schleswig  
Tel.: (04621) 5071-3

Wetteramt Stuttgart  
Am Schnarrenberg 17  
7000 Stuttgart 50  
Tel.: (0711) 541122

Wetteramt Trier  
Petrisberg, Sickingstraße 41  
5500 Trier  
Tel.: 8651) 45045

Wetteramt Weimar  
Heinrich-Jäde-Straße 12  
5300 Weimar  
Tel.: (0037521) 62391/2

## 8. Sachinformationen, Bauanleitungen, Unterrichtsbeispiele, Arbeitsblätter, Experimente

### 8.1 Wetter-Elemente: Bauanleitungen einfacher Geräte zur Wetterbeobachtung und Experimente

#### 8.1.1 Wind

Die Beobachtung der Winde ist die älteste Grundlage zur Wettervorhersage. Bereits Babylonier und Ägypter wußten die Winde zu nutzen. Bei Alexandria am Mittelmeer stehen noch heute Ruinen von ersten Windmühlen.

Winde waren die ersten Energieträger in Europa. Die Wasser und Getreidemühlen der flachen und küstennahen Länder in Europa waren bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts in Betrieb.

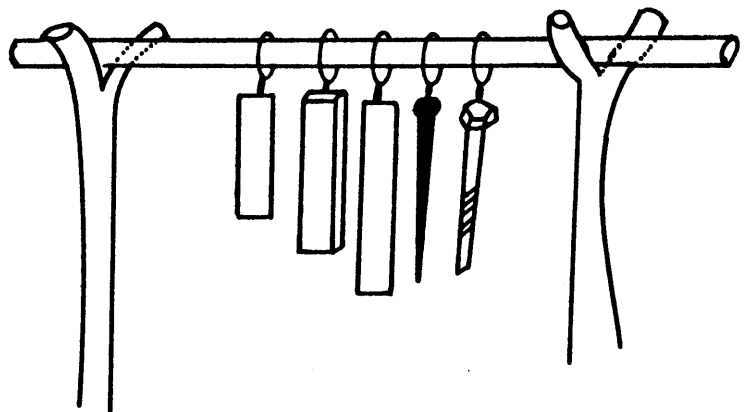
#### *Beobachtungen im Freien*

- Flugbahnen von Wolken, Rauch und Seifenblasen
- Windfahnen auf Kaminen und Kirchentürmen
- Durch Windeinwirkung krummgewachsene Bäume
- Bewegung von Blättern an Bäumen
- Schneeverwehungen
- Ein senkrecht erhobener Finger kühlt sich auf der dem Wind zugewandten Seite rascher ab.

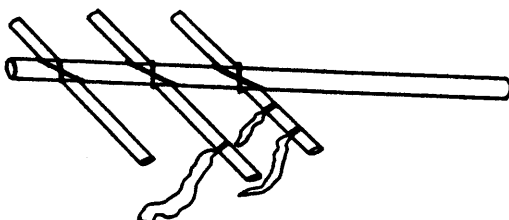
#### *Windspiele*

Mit Windspielen dieser Art kann man auf das Vorhandensein von Winden aufmerksam machen. Der Wind wird in hörbare Geräusche verwandelt.

*Material: Schrauben, Nägel, Blechstücke, Leisten oder Aststücke, Schnüren, Leim.*



#### *Windvogel*



Solche "Windvögel" werden durch den Luftwiderstand der einseitig angehängten Stoffstreifen in die Windrichtung gedreht.

**Material:** 1 Ast (ca. 50 cm), 3 Äste (ca. 25 cm), Stoffstreifen, Holzreste, Schnur, Leim.

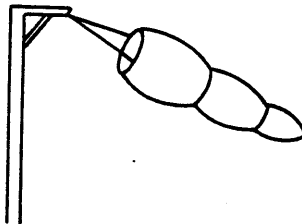
**Hinweis:**

Queräste kreuzweise an eine Hälfte des Hauptastes binden. Schnüre und Knoten mit Leim überstreichen.

Farbige Stoffstreifen anknüpfen. Kopfteil durch Befestigung von Holzresten hervorheben.

Aufhängung: 2 Schnüre von den Enden des hintersten Querastes und 1 Schnur von der Mitte des langen Astes zusammenknuten.

### Windsäcke



Windsäcke begegnen uns heute im Straßenverkehr (auf Brücken) und im Luftverkehr (auf Flugplätzen); sie machen die Windrichtung und die ungefähre Windstärke sichtbar. Kommt ein Wind auf, füllt sich der Sack durch die Öffnung mit Luft. Nimmt der Wind weiter zu, dreht er sich in die Windrichtung, und das hintere Ende hebt sich.

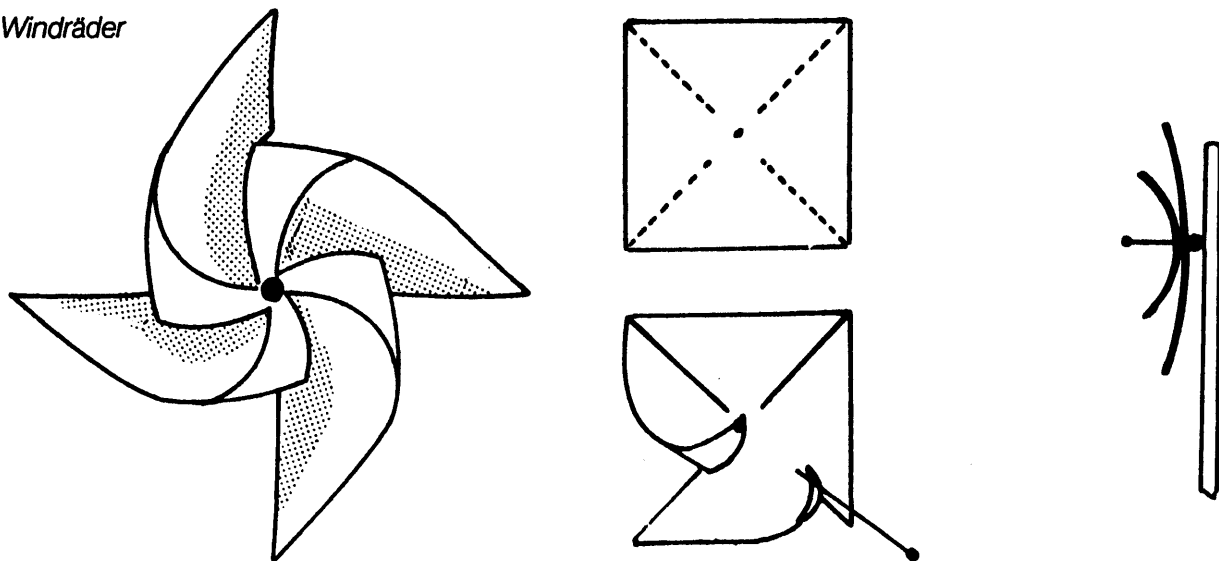
**Material:** Leichter Baumwoll- oder Kunstfaserstoff, Nähzeug, Draht oder Haselrute, Schnur, Acryl- oder Stoffmal Farben, Packpapier.

**Hinweis:**

Den Lufteinlaß des Sackes möglichst groß planen: Bei 1 - 2 m Länge ca. 30 - 40 cm Durchmesser, Einlaßöffnung aus Draht formen. Mit Rollmeter Umfang/ Öffnung messen und entscheiden, aus wie vielen Einzelteilen der Sack zusammengenäht wird.

Entwurf mit Linienraster in Originalgröße übertragen. Stoff zuschneiden, Einzelteile zusammensetzen, Ränder von Hand oder mit Maschine zusammennähen (damit die Nähte verschwinden, kehrt man den Sack nach innen).

Den vorbereiteten Ring in die Öffnung nähen. Sack mit Acryl- oder Stoffmal Farbe bemalen (dazu Sack mit zerknülltem Zeitungspapier ausstopfen). Schließlich Sack freibeweglich aufhängen.

*Windräder*

*Material: Quadratischer leichter Karton, Holzperle o.ä., Klötzchen, Stab, Stecknadel oder Nagel.*

**Hinweis:**

Relativ einfach herzustellen ist das Jahrmarkt-Windrad aus Papier oder leichtem Karton. Ein Quadrat wird diagonal bis nahe zur Mitte eingeschnitten. Jede zweite Ecke wird zur Mitte hingebogen und befestigt, je nach Größe des Rädchens, mit einer Stecknadel oder einem Nagel auf einem Stab befestigen. Distanzhölzchen verwenden, damit die Flügelenden den Stab nicht berühren.

**8.1.2 Feuchtigkeit**

Schon sehr früh erkannten die Völker ihre Abhängigkeit vom Wetterfaktor Luftfeuchtigkeit und dessen direkten Folgen wie Dürre, Regen, Überschwemmungen. Die Menschen bauten Behausungen, die sie vor Feuchtigkeit schützten.

Das Wetter/Klima verschiedener Gegenden prägt die dafür typische Hausbauweise. Letztlich dienen alle demselben Zweck: Sie schützen vor Hitze, Kälte, Wind und Regen.

Die Beobachtung der Luftfeuchtigkeit ist insofern interessant, weil die landläufig unangenehmsten Eigenschaften des Wetters, z. B. Wolken, Nebel, Regen, direkt mit ihr in Zusammenhang stehen.

Feuchtigkeitsschwankungen verursachen in verschiedenen (organischen) Materialien Volumenunterschiede. Dadurch öffnen sich Zapfen, Holz spaltet, und Fasern dehnen sich.

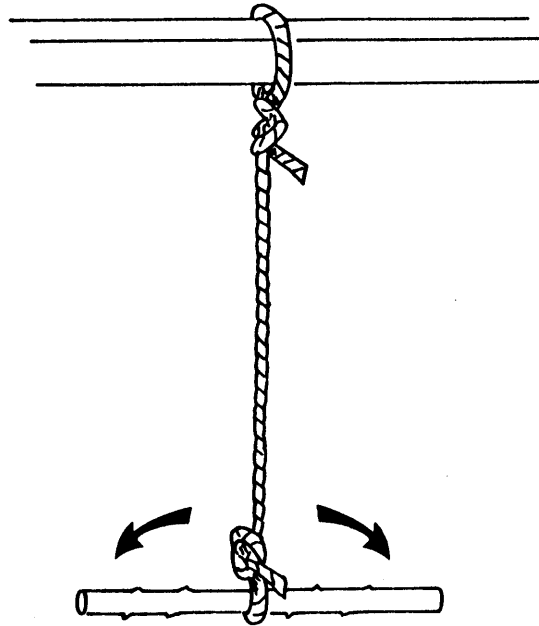
*Beobachtungen im Freien*

- Tann- und Föhrenzapfen öffnen und schließen sich.
- Feuchte Luft kann mehr Gerüche aufnehmen, es riecht vielseitiger.
- Dunstiges Wetter bedingt keine gute Fernsicht.
- Tautropfen im Gras.

### Hanfseil-Hygrometer

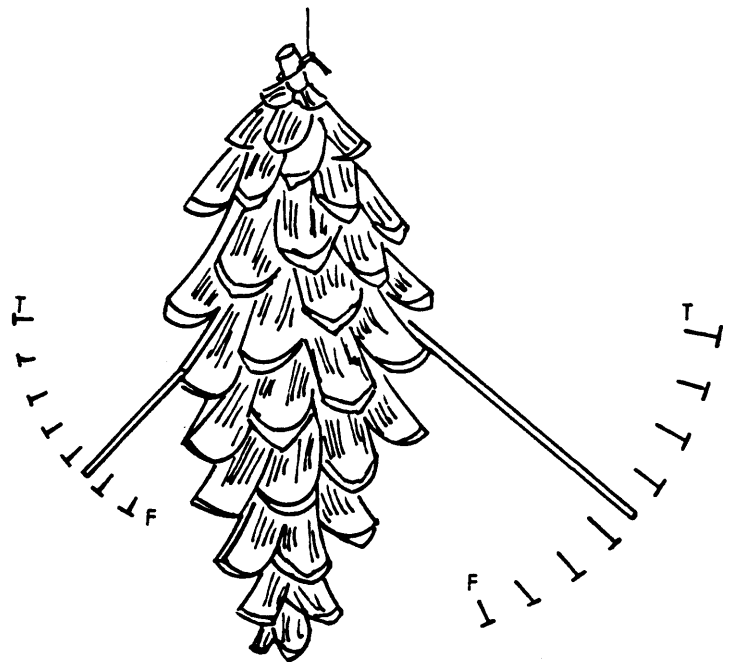
(Hygrometer = Feuchtigkeitsmesser)

*Material: Fingerdickes ca 2 m  
langes Hanfseil, 1 dicker Ast.*



Unter einer Überdachung (z. B. Vordach) wird das Hanfseil-Hygrometer aufgehängt. Bei einer Schwankung der Luftfeuchtigkeit verändert sich die Lage der einzelnen Leinenfasern, und weil sie gezwirnt sind, beginnt sich der Ast zu drehen.

### Fichten- und Föhrenzapfen-Hygrometer



*Material: Zapfen, Nadeln, Schnüre*

Man sammelt frisch von den Bäumen heruntergefallene Zapfen und hängt sie an einen regengeschützten Ort ins Freie, vor einen mit einem Blatt Papier oder Karton beklebten Hintergrund. Damit man die Bewegungen der Lamellen besser beobachten kann, wird in die Spitze einer kräftigen Lamelle eine Nadel gesteckt, an deren Ende eine Skala oder Symbole auf den Hintergrund gemalt werden.

Bei zunehmender Feuchtigkeit schließen sich die Zapfen, bei abnehmender Feuchtigkeit öffnen sie sich. Durch die Verlängerung der Lamelle mit der Nadel sind die Bewegungen leichter zu sehen.

### 8.1.3 Temperatur

Die Beurteilung, was kalt und was warm ist, ist sehr subjektiv und ist oft von Person zu Person verschieden. Demgegenüber haben sich die Völker den unterschiedlichen Temperaturen in den entsprechenden Klimazonen angepaßt. Je weiter man in den Süden kommt, desto dicker werden die Mauern und desto kleiner die Fensteröffnungen. Alte Hochhäuser in Sardinien haben sogar recht gut funktionierende Kühlanlagen: Dachaufsätze fangen die kühle Luft auf und leiten sie durch Schächte in die Räume. Gewisse Bauhaustypen verfügen über einen sehr guten Kälteschutz im Winter. Über dem Wohnteil und den Ställen sind die Kornspeicher und Heustöcke untergebracht und wirken als Pufferzone nach oben. Die Fenster der Wohnräume sind fast ausschließlich nach Süden orientiert, damit die tiefstehende Sonne die Räume erwärmen kann.

Das Messen der Temperatur war stets schwieriger als die Beobachtung von Wind und Feuchtigkeit.

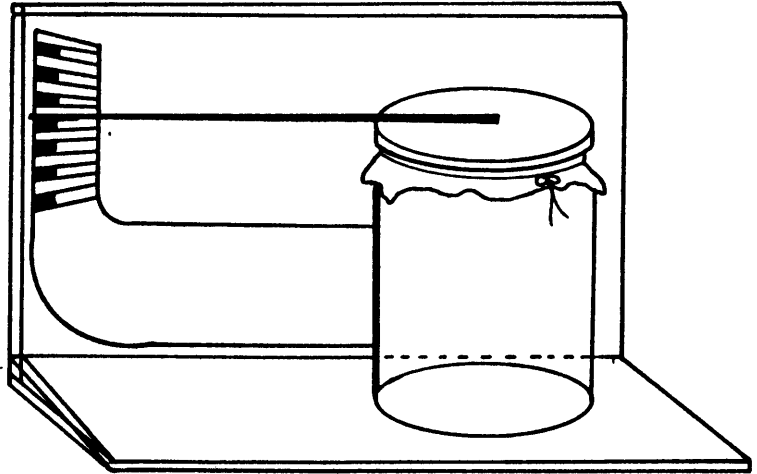
Nach Vorarbeiten von GALILEI, der 1596 das erste Thermometer konstruierte, experimentierte die Akademie der Wissenschaften in Florenz (1651 - 1667) um 1660 mit vielen Arten von Luft- und Flüssigkeitsthermometern. Es erwies sich dabei als besonders schwierig, die Angaben verschiedener Thermometer zur Übereinstimmung zu bringen.

Der Danziger Glasbläser Daniel FAHRENHEIT baute um 1715 als Erster Quecksilberthermometer, die in ihrer Anzeige übereinstimmten und als sensationelle Erfindung galten.

#### *Beobachtungen im Freien*

- Bei großer Wärme flimmert über der Straße die Luft.
- Asphaltbeläge werden bei großer Wärme klebrig.
- Hochspannungsleitungen hängen bei hohen Temperaturen (mehr) durch. Bei kaltem Wetter strecken sich die Drähte.
- Die Kleidung der Menschen ist bei hohen und niedrigen Temperaturen verschieden.

### Luftthermometer



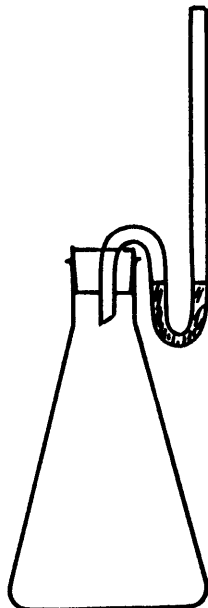
*Material: Glas, Ballon-Gummi, Schnur, Karton, Kleber.*

Das sog. Luftthermometer besteht aus einem leeren (Marmeladen-)Glas und einem Stück Ballongummi.

Die Gummihaut wird über das Glas gestülpt und luftdicht zugebunden. Auf die Gummihaut wird ein (sehr leichter) Zeiger (z. B. ein Trinkhalm) aufgeklebt, der vom Zentrum ca. 30 cm über den Rand hinausragt.

Bei steigender Temperatur dehnt sich die eingeschlossene Luft aus, die Gummihaut wölbt sich nach außen, und der Zeiger schlägt nach unten aus.

Mit diesem Instrument können nur für kurze Zeit Beobachtungen gemacht werden, da der Luftdruck ebenfalls auf die eingeschlossene Luft wirkt. Dadurch verschiebt sich die ganze Skala nach unten oder oben.



Die Ausdehnung der Luft bei steigender Temperatur kann auch mit einem Manometer demonstriert werden. Die Flüssigkeit im Manometerrohr kann mit etwas Tinte besser sichtbar gemacht werden.

Das Thermometer ist umso empfindlicher, je größer die Luftmenge - d. h. das Gefäßvolumen - ist, die vom Manometer abgesperrt wird.

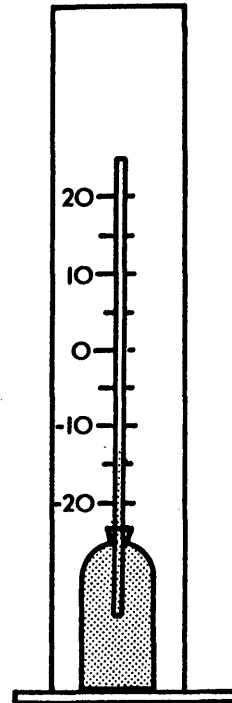
Wie beim Luftthermometer ändert sich die Anzeige auch hier mit veränderlichem Luftdruck.



### Alkoholthermometer

**Material:** Alkohol, Glasröhrchen, (Medizin-) Fläschchen, Gummistöpsel mit Loch. Kleine Nagel, Klebeband.

Es wird ein Fläschchen (von ca. 50 cm<sup>3</sup> Inhalt) randvoll mit Alkohol gefüllt. Als Steigrohr wird ein Glasröhrchen mit 1 - 2 mm Durchmesser und ca. 50 cm Länge verwendet. Dieses wird in einen Gummistöpsel mit Loch und beides zusammen auf das Fläschchen gesteckt. Das Ganze wird vor ein Brettchen gestellt, auf dem eine Einteilung aufgemalt wird. Durch das große Alkoholvolumen lassen sich Temperaturschwankungen besonders gut sichtbar machen.



Den Alkohol sollte man mit Tusche oder mit gelöster Batikfarbe färben. Beim Einfüllen und Zusammenstecken ist darauf zu achten, daß keine Luftblasen im Fläschchen bleiben.

### 8.1.4 Luftdruck

Mit bloßem Auge kann der Luftdruck nicht beobachtet werden. Ohne präzise Instrumente können Luftdruckänderungen aber von wetterfähigen Menschen wahrgenommen werden, die dann häufig voraussagen können, wie sich das Wetter ändern wird.

Sei 1614 kennt man das von Evangelista TORICELLI (einem Schüler von GALILEI) gebaute Quecksilber-Barometer. Dieses Barometer reagiert nur auf Druckänderungen unabhängig von der Temperatur. Nach dem gleichen Prinzip funktionieren die in vielen Wohnzimmern hängenden Dosenbarometer: Eine gerillte, luftleere Dose wird mehr oder weniger zusammengedrückt. Über eine Feinmechanik werden die Werte auf einen Zeiger übertragen. Der Bau solcher Dosen übersteigt meistens die schulischen Möglichkeiten. Vom Bau eines Quecksilber-Barometers ist aus Preis- und nicht zuletzt aus Sicherheitsgründen ebenfalls abzuraten.

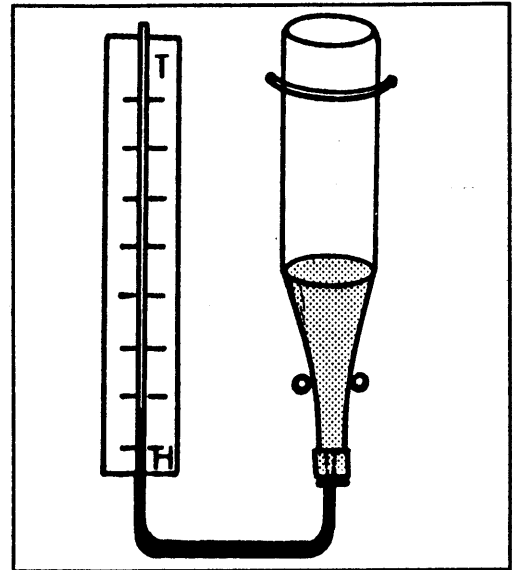
Als brauchbar erweist sich der Bau eines Wasser-Barometers, wie es von GOETHE gebraucht wurde und noch im letzten Jahrzehnt als sog. Wasserglas in der Schweiz weit verbreitet war.

Der Luftdruck läßt sich ohne komplizierte Einrichtungen messen, allerdings ist es schwierig, fremde Einflüsse fernzuhalten. Luftdruck und Temperatur sind bei unseren Geräten nur schwer voneinander zu trennen, da zum Messen beider Größen gleiche Komponenten maßgebend sind.

Bei Gasen betrifft das die Änderung der Dichte, bei Flüssigkeiten die Änderung des Volumens. Deshalb gehören unsere Barometer an einen Ort mit möglichst ausgeglichener Temperatur (z. B. Keller, zentralgeheiztes Zimmer).

### Wasserbarometer

Eine leere (Wein-) Flasche, die ca. einen halben Liter Wasser faßt, wird mit der Öffnung nach unten in ein Kästchen gehängt. Die Öffnung wird mit einem Pfropfen verschlossen, in dessen Mitte ein U-förmig gebogenes Glasrohr steckt. Dieses soll ca. 20 cm über die Flasche hinausführen und einen Innendurchmesser von ca. 2 - 3 mm haben. In die Flasche werden ca. 2/10 Liter gefärbtes Wasser gefüllt und die Flasche luftdicht verschlossen. Hinter dem Röhrchen wird ein schmales Brettchen mit einer Skala befestigt.



Bei steigendem Luftdruck sinkt die Flüssigkeit im Röhrchen, sie wird in die Flasche gedrückt. Bei fallendem Druck kann das Wasser sogar oben aus dem Rohr tropfen (was ganz symbolisch das Herannahen einer Regenfront anzeigt).

*Material: 1 (Wein-) Flasche (ca. 1/2 Liter), Gummizapfen mit Loch, kleine Holzkiste (ca. 20 x 40 cm), 1 Glasrohr (50 cm lang, 2 - 3 mm Durchmesser), Nägel, Leim, Farben.*

### 8.1.5 Niederschlag/Regen

Die Messungen von Niederschlägen zur Wettervorhersage sind nicht sehr ergiebig. Der Regen/Schnee ist eine Folgeerscheinung der vorausgegangenen Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsentwicklung, zusammen mit den vorherrschenden Winden.

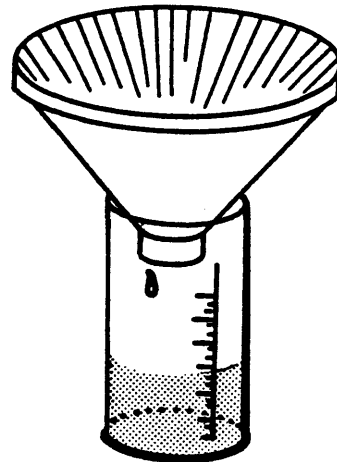
Messungen von Niederschlägen dienen vor allem der Statistik in der betreffenden Region (z. B. zur Rekonstruktion einer Überschwemmung und zur Berechnung der Klimaentwicklung über mehrere Jahre).

Da Regenwetter in unseren Breiten relativ häufig vorkommt, kann es interessant sein, die Niederschläge zu beobachten und jahreszeitenbezogen unter einem längeren Zeitraum zu vergleichen.

Niederschläge werden in Millimetern gemessen. Dabei entspricht die Anzahl Millimeter der Anzahl Liter gefallenes Regens pro Quadratmeter.

### Beobachtungen im Freien<sup>1</sup>

- In kurzen Regenschauern fallen oft große Regentropfen;
- Regen, der Stunden andauert, fällt meistens in feinen Tropfen.



### Regenmesser mit Auffangtrichter

**Material:** Alte Haushaltsartikel wie Trichter, Büchsen, Gläser o. ä.

Der Regen wird in einem Auffanggefäß gesammelt und in ein kleineres Meßgefäß geleitet. Vorteilhafterweise werden die beiden Gefäße so gewählt, daß die Grundfläche des größeren ein Vielfaches des kleinen ist.

Ist der Auffangtrichter fünfmal größer, so entspricht ein Millimeter gefallener Regen im Meßgefäß 5 Millimeter. Nach diesen Werten eichen wir den Rand des Gefäßes oder einen Meßstab.

### 8.1.6 Sonne

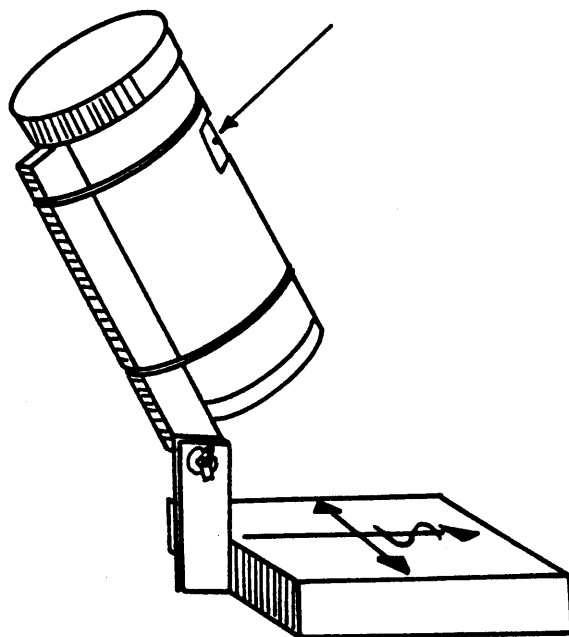
Die Beobachtung der Sonne, die für das globale Wettergeschehen verantwortlich zeichnet, ist auch für unsere Beobachtungsweise von Bedeutung, verdanken wir doch unsere Jahreszeiten lediglich einer Veränderung des Einstrahlwinkels der Sonne auf die Erdoberfläche.

In der Meteorologie wird die Beobachtung der Sonne lediglich aus statistischem Interesse beobachtet; die Sonnenscheindauer wird notiert und mit anderen Jahren verglichen. In jüngster Zeit vermehrt sich das Interesse an der Sonne im Zusammenhang mit der Suche nach neuen Energiequellen.

### Beobachtungen im Freien

- Vegetation an Süd- und Nordhängen vergleichen.
- Die Wärmewirkung der Sonne auf verschiedene Farben/Materialien messen.
- Den Höchststand der Sonne während verschiedener Jahreszeiten anhand der Schattentlängen vergleichen.

<sup>1</sup> Die genannten Beobachtungen können im schulschen Alltag in der Regel nur äußerst selten durchgeführt werden. Sie wurden hier dennoch aufgeführt, weil es sich um Äußerungen handelt, die auf Befragen von Schülerinnen und Schülern genannt worden sind.

*Dosen-Sonnenstundenmesser***Material:**

Gewindeschraube mit Flügelmutter, Nägel, Leisten, Holzklotz oder Brett, Büchse mit Deckel (kleiner als 1 Liter), Fotopapier, Draht, Fotokarton oder Metallfolie.

Nach dem Funktionsprinzip der "Camera obscura" wird die Sonnenscheindauer mit einer kleinen Dose aufgezeichnet. Durch ein stecknadelgroßes Loch in der Dosenwand dringt ein dünner Lichtstrahl auf die gegenüberliegende Dosenwand. Dort befestigt man halbkreisförmig ein unbelichtetes und unentwickeltes Fotopapier in die Dose. Der Deckel wird auf die Büchse aufgesetzt und die Büchse mit dem Loch gegen Süden gerichtet.

Damit man eine gleichmäßige Aufzeichnung erhält, muß die Dose ungefähr im rechten Winkel zur Sonnenbahn stehen. Bei schönem Wetter hinterläßt die Sonne eine graue, gut sichtbare Spur auf dem Fotopapier.

Zur Präzisierung der Angaben kann man an einem sonnigen Tag zu jeder vollen Stunde den jeweiligen Stand markieren und nach diesem Raster die anderen Meßpapiere eichen. So kann man am Abend eines Meßtages ablesen, wann und wie lange die Sonne geschienen hat.

**Hinweis:**

Mit dem Metallbohrer in der Mitte der Büchse ein Loch bohren (dabei in die Büchse ein Holz legen).

Fotokarton oder Metallfolie mit einer Stecknadel vorsichtig lochen. An beiden Leisten-Enden Loch bohren für Schraube. Leisten zusammenschrauben.

Leisten-Ende am Grundbrett oder Klotz festnageln. Die Büchse mit Draht auf die obere Leiste binden. Möglichst großes Fotopapier - und möglichst im Dunkeln - in der Büchse befestigen. Belichtete Streifen mit einem Farbstift nachziehen.

## 8.2 Zur Handhabung und Ablesung professioneller Wetterbeobachtungs-Instrumente

### 8.2.1 Windstärke- und -richtungsmessung: Keilwindfahne mit Windstärketafel nach WILD

Das einfachste Gerät zur Messung der Windrichtung und der Windstärke ist die Keilwindfahne mit Windstärketafel nach WILD. Das Instrument besteht aus dem Standrohr mit Lagerzapfen und Richtungskreuz, der um den senkrechten Lagerzapfen drehbaren Windfahne und der durch die Windfahne stets mit der ganzen Fläche der Windrichtung entgegengestellten Windstärketafel. Die Windstärketafel ist an einer horizontal verlaufenden Achse drehbar aufgehängt. Je nach herrschender Windgeschwindigkeit wird sie mehr oder weniger angehoben. Das Richtungskreuz gibt die vier Haupthimmelsrichtungen an. Zur leichteren Orientierung ist die nach Norden weisende Stange durch "N" gekennzeichnet.



Durch Vergleich der Windfahnenstellung mit dem feststehenden Richtungskreuz wird die Windrichtung ermittelt; die Windstärke dagegen durch Vergleich des Anstellwinkels der Stärketafel mit 8 Stiftmarken, welche auf einem Kreisbogen zentrisch und radial zum Drehpunkt der Stärketafel befestigt sind. Es ist verständlich, daß diese Art der Windstärkemessung nur Ergebnisse mit beschränkter Genauigkeit liefern kann.

Den einzelnen Stiftmarken entsprechen - vom Schaft aus gerechnet - folgende Windstärken bzw. Windgeschwindigkeiten:

Stiftmarke	1	2	3	4	5	6	7	8
Windstärke nach Beaufort	0	2	3	4	5	6	7	9
Windgeschwindigkeit in m/s	0	2	4	6	8	11	14	20

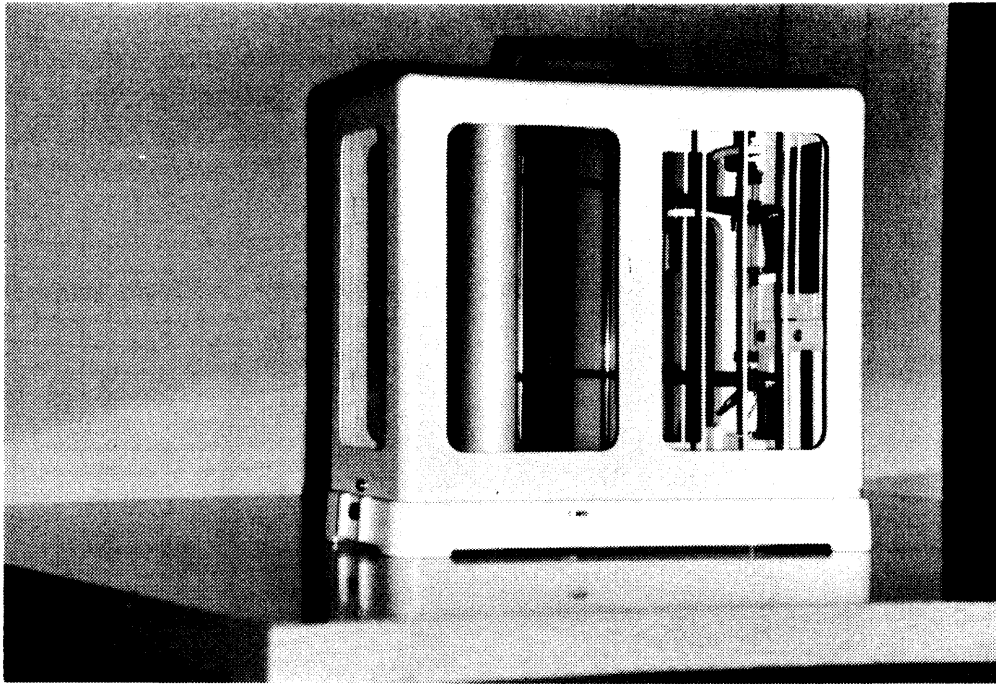
Fußseitig trägt das Standrohr einen 13 cm langen Zapfen mit Holz- bzw. Metallgewinde, so daß das Gerät auf einem Holz- bzw. Metallmast festgeschraubt werden kann.

## Windstärkeskala nach Beaufort

## Windstärkebezeichnung

Windstärkebezeichnung		Auswirkungen der Windstärke im Binnenland und auf Binnenseen
0	still	Windstille, Rauch steigt gerade empor.
1	leiser Zug	Windrichtung wird durch den Zug des Rauches angezeigt, aber nicht durch die Windfahne.
2	leichte Brise	Wind am Gesicht fühlbar, Blätter säuseln, hebt den leichten Wimpel, Windfahne wird vom Winde bewegt, kräuselt die Oberfläche stehender Gewässer.
3	schwache Brise	Blätter und dünne Zweige in dauernder Bewegung, Wind streckt einen Wimpel, wirft auf stehenden Gewässern kleinere Wellen.
4	mäßige Brise	Hebt Staub und loses Papier, bewegt Zweige und dünnere Äste, wirft auf stehenden Gewässern ausgeprägte Wellen.
5	frische Brise	Kleine Laubbäume beginnen zu schwanken, Schaumkämme bilden sich auf stehenden Gewässern.
6	starker Wind	Starke Äste in Bewegung, Pfeifen in Telegrafleitungen, Regenschirme schwierig zu benutzen.
7	steifer Wind	Ganze Bäume in Bewegung, fühlbare Hemmung beim Gehen gegen den Wind, wirft auf stehenden Gewässern Wellen mit vielen Schaumköpfen.
8	stürmischer Wind	Bricht Zweige von den Bäumen, erschwert erheblich das Gehen im Freien.
9	Sturm	Kleinere Schäden an Häusern (Rauchhauben und Dachziegel werden abgeworfen).
10	schwerer Sturm	Bäume werden umgebrochen oder entwurzelt, bedeutende Schäden an Häusern. Im Binnenland selten.
11	Orkanartiger Sturm	Verbreitete Sturmschäden und Zerstörungen schwerster Art. Im Binnenland selten.
12	Orkan	Verwüstende Wirkung.

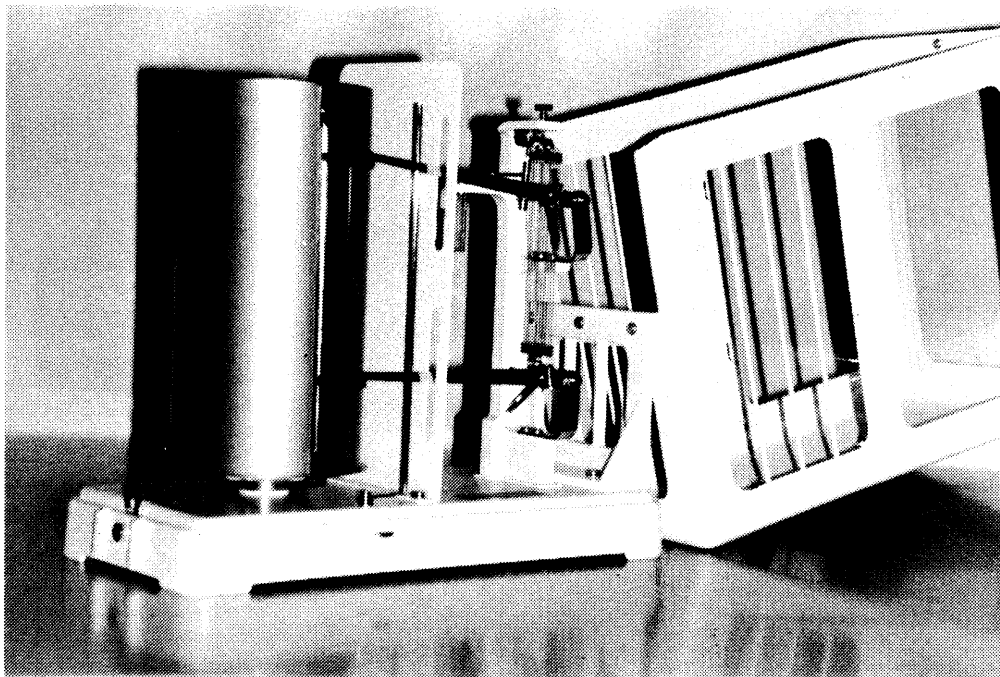
### 8.2.2 Messung von Temperatur und Luftfeuchte mit Hilfe des Thermo-Hygrographen

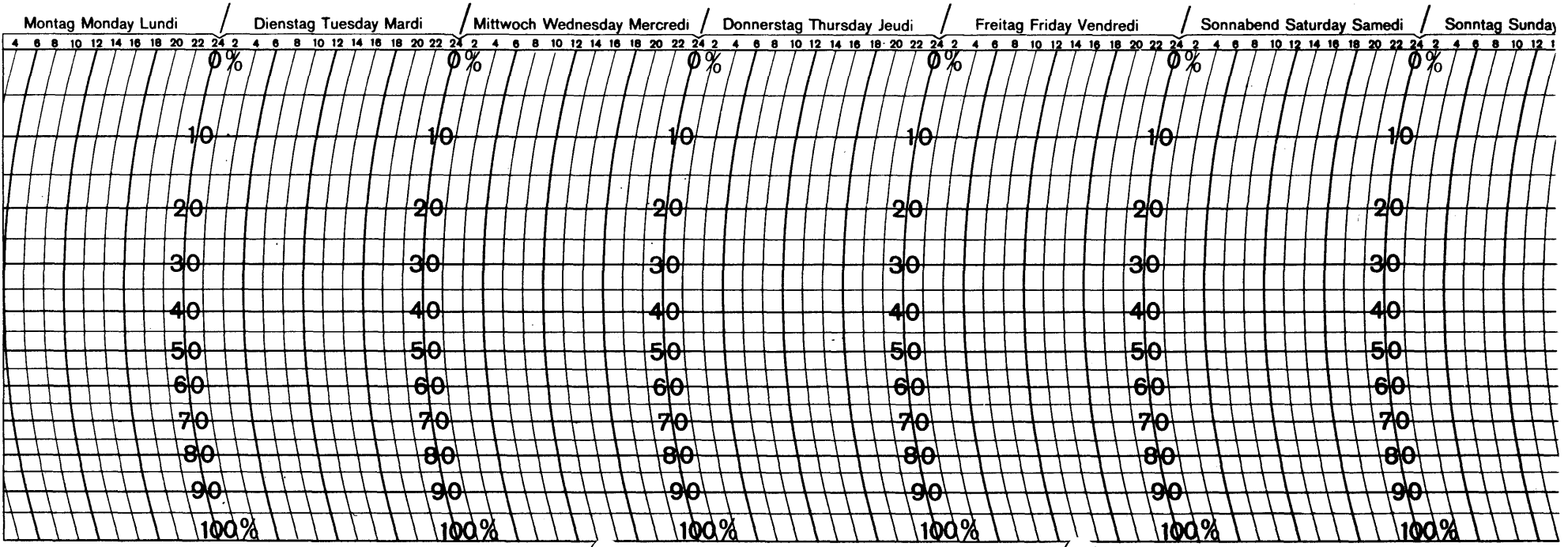
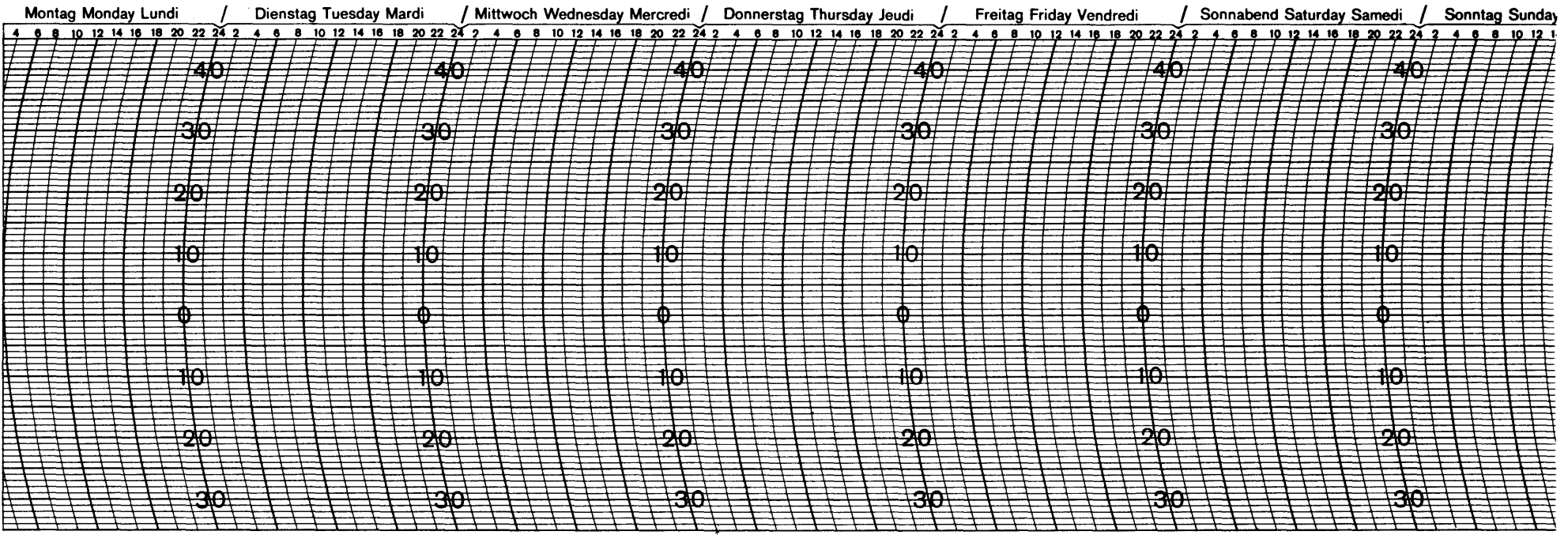


Thermo-Hygrograph

Auf der oberen Trommelhälfte werden die Temperaturwerte aufgezeichnet, auf der unteren Trommelhälfte die Luftfeuchtwerte (s. Schreibstreifen S. 32)

Hygrographen bzw. Thermographen dienen der selbsttätigen Registrierung von relativer Luftfeuchte bzw. Temperatur. Sie erfassen lückenlos und unter Ausschaltung persönlicher Ablesefehler den zeitlichen Verlauf der jeweiligen Meßgröße. Anhand der gesammelten Schreibstreifen ist es jederzeit möglich, die an einem beliebigen Zeitpunkt tatsächlich vorhandenen Meßwerte zu kontrollieren.





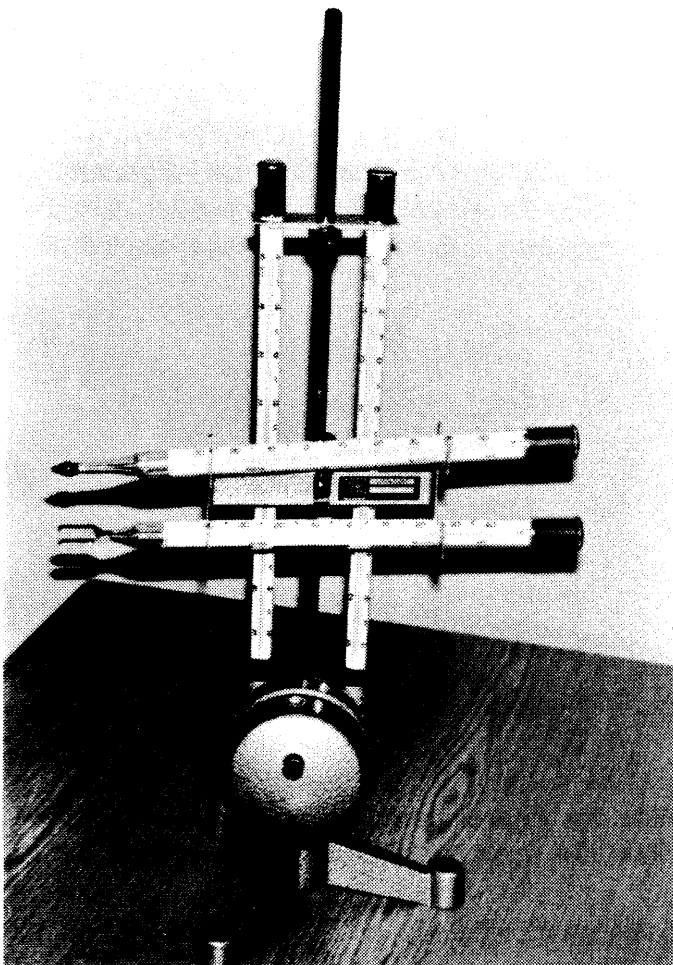


Die wesentlichen Bestandteile sowohl des Hygrographen als auch des Thermographen sind:

Uhrwerkstrommel (mit einer Aufzeichnungszeit von 7 Tagen), Meßelement, Schreibarm und Hebelgetriebe, das die Verbindung zwischen Meßelement und Schreibarm herstellt: Als Meßelement wird im Hygrograph eine Haarharfe verwendet (sie verlängert ihre Länge in Abhängigkeit von der relativen Feuchte); im Thermograph wird als Meßelement ein ringförmig gebogenes, hochwertiges Bimetall verwendet (es ist gegen Wärmeleitung von anderen Bauteilen her durch thermische Isolation weitgehend geschützt).

### 8.2.3 Messung extremer Temperaturen mit Hilfe des Extremthermometers

In der Meteorologie und Klimatologie werden zum Messen der extremen Temperaturen getrennte Maximum- und Minimumthermometer verwendet.



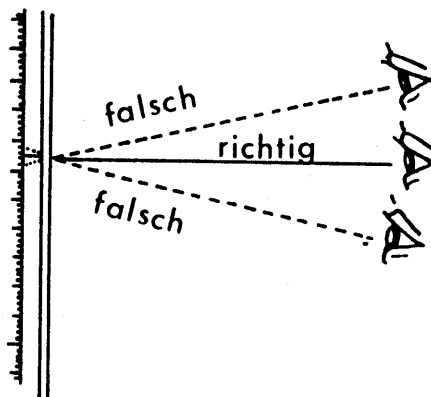
Die waagrecht angeordneten Thermometer sind das Maximum- und das Minimumthermometer. Die senkrecht angeordneten Thermometer dienen zur Messung der relativen Luftfeuchtigkeit.

Das Maximumthermometer ist ein Quecksilbereinschlußthermometer, dessen Kapillare unmittelbar über dem Quecksilbergefaß verengt ist. Bei Temperaturanstieg wird Quecksilber aus dem Fühler durch die Verengung hindurch in die Kapillare gedrückt. Sinkt die Temperatur, bleibt das in die Kapillare übergetretene Quecksilber unverändert liegen, da die Kapillardepression an der verengten Stelle ein Zurücklaufen verhindert. Das Fadenende gibt auf diese Weise die höchste Temperatur der letzten Beobachtungsperiode an. Die Wiedervereinigung des Quecksilbers ist durch Schleudern des Thermometers zu erreichen.

Das Minimumthermometer ist ein Alkoholeinschlußthermometer. Die Oberfläche seines Flüssigkeitsgefäßes ist durch gabelförmige Aufteilung des Gefäßes vergrößert. Auf diese Weise wird die durch die schlechte Wärmeleitfähigkeit des Alkohols bedingte Einstellträgheit reduziert. In der Kapillare, vom Alkohol eingeschlossen, befindet sich ein leicht beweglicher Glasstift. Er kann wegen der Oberflächenspannung der Flüssigkeitskuppe den Alkoholfaden nicht verlassen. Sinkt die Temperatur, so wird der die Kuppe berührende Stift nach links geschoben. Steigt die Temperatur, bleibt er liegen, da er dann umströmt wird. Das zum geschlossenen Kapillarende weisende Ende des Glasstiftes (die Schleppmarke) gibt also die niedrigste Temperatur der letzten Beobachtungsperiode an. Wird das Gefäß des Minimumthermometers angehoben, gleitet der Stift wieder an die Flüssigkeitskuppe.

Beide Thermometer sind vor Wärmestrahlung, z. B. durch Unterbringen in der Wetterhütte zu schützen. Sie werden normalerweise in einen gemeinsamen Halter gelegt und an einer Stativstange mit der Stativklemme befestigt (siehe Abbildung). Minimumthermometer dienen auch zur Ermittlung der tiefsten nächtlichen Lufttemperatur am Erdboden in 5 bzw. 10 cm Höhe.

Maximum- und Minimumthermometer werden täglich regelmäßig dreimal abgelesen: um 7.00 Uhr, 14.00 Uhr und um 21.00 Uhr.



Augenhöhe bei Thermometerablesung

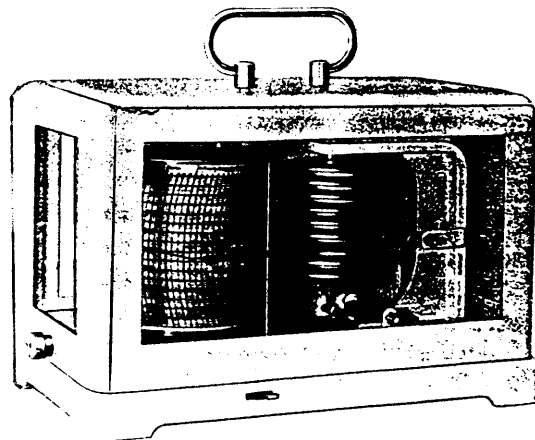
#### 8.2.4 Messung des Luftdruckes mit Hilfe des Aneroidbarographen (Trocken-Luftdruck-Schreiber)

Aneroidbarographen messen und registrieren selbständig den atmosphärischen Luftdruck. Sie werden u. a. in Wetterwarten, Instituts- und Industrielaboratorien, landwirtschaftlichen Betrieben, Kuranstalten und auf Flughäfen verwendet, also überall dort, wo die Kenntnis des Luftdruckes wegen seines Einflusses auf Meßeinrichtungen und Produktionsabläufe von Bedeutung ist.

Die Meßwerte der Aneroidbarographen sind unabhängig von Schwere- und Temperatureinflüssen. Eine Korrektur der Meßwerte, wie sie bei Quecksilberbarometern unumgänglich ist, entfällt also, d. h. Aneroidbarographen sind hinsichtlich ihrer Bedienung völlig unproblematisch.

Eine wesentliche Voraussetzung für die einwandfreie Arbeitsweise von Aneroidbarographen ist die Wahl geeigneter Werkstoffe für das Meßelement.

In den meisten Barographen werden gehärtete, aus einer hochwertigen Cu-Legierung bestehende Kapselfedern verwendet, die weitestgehend frei von Hysterese, elastischer Nachwirkung und von Alterserscheinungen sind. Neun solcher freitragenden, evakuierten Kapselfedern von je ca. 65 mm Ø sind zu einem Dosensatz zusammengeschraubt und bilden das Meßelement. Seine druckabhängigen Längenänderungen werden über ein leichtgängiges Hebelgetriebe auf den Schreibarm übertragen. Durch ein in das Getriebe eingeschaltetes, temperaturabhängiges Übertragungsglied wird völlige Temperaturkompensation über den gesamten Meßbereich erzielt. Der Schreibarm ist in Federspitzenlagern drehbar angeordnet. Die seit Jahrzehnten bewährten Federspitzenlager gewährleisten die nahezu temperatur-, erschütterungs- und schmutzunempfindliche Lagerung der Übertragungselemente und damit die genaue, stufenlose Meßwertaufzeichnung. Bei Änderung des Luftdruckes bewegt sich die Schreibspitze in einem vertikalen Kreisbogen auf dem Zylindermantel der mit ihrer Achse senkrecht stehenden Schreibtrommel. Das in der Schreibtrommel befindliche Antriebswerk für Handaufzug dreht gleichzeitig die Trommel mit bestimmtem Vorschub um ihre feststehende Achse. Auf diese Weise wird der Luftdruck zeitabhängig auf dem Mantel der Schreibtrommel, auf dem der Registrierstreifen mit Hilfe einer unverlierbar am Trommelboden befestigten Spannleiste angebracht ist, aufgezeichnet. Das Koordinatenfeld des Schreibstreifens gestattet jederzeit, den Luftdruck in richtiger zeitlicher Zuordnung abzulesen.



### 8.2.5 Messung des Niederschlags nach HELLMANN

Die Höhe des Niederschlages wird mit Hilfe des Niederschlagsmessers nach HELLMANN (in Zehntelmillimeter) gemessen. Sie gibt an, wie hoch der gefallene bzw. abgesetzte Niederschlag den Erdboden bedecken würde, wenn nichts abfließen, versickern oder verdunsten könnte.

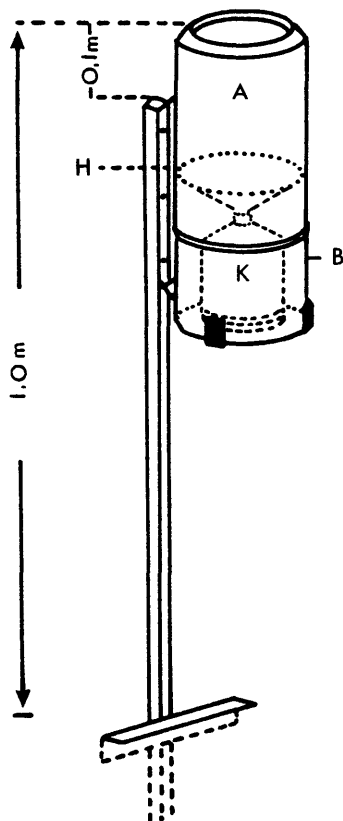
Die Niederschlagshöhe von 1 mm entspricht einer Flüssigkeitsmenge von einem Liter auf einen Quadratmeter Bodenfläche ( $1\text{l}/\text{m}^2$ ).

Bei Niederschlag in fester Form (Schnee, Graupel, Hagel) wird die Höhe des Schmelzwassers bestimmt.

Der Niederschlagsmesser soll möglichst auf ebenem Gelände so aufgestellt werden, daß der Niederschlag von allen Seiten ungehindert Zutritt hat, auch wenn der Niederschlag bei heftigem Wind schräg fällt. Hindernisse, z. B. Gebäude, Mauern, Bäume usw. müssen vom Niederschlagsmesser mindestens ebenso weit entfernt sein wie sie selbst hoch sind. Die Höhe der Auffangfläche über dem Erdboden beträgt 1 Meter, in schneereichen Gegenden 1,25 bis 1,50 Meter.

Der Niederschlag wird täglich regelmäßig dreimal zu den festgesetzten Beobachtungszeiten (7.00 Uhr, 14.00 Uhr, 21.00 Uhr) gemessen.

#### Niederschlagsmesser nach HELLMANN



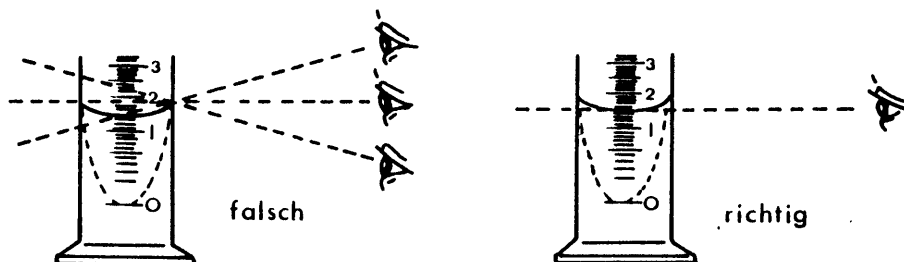
H = Halter

A = Auffanggefäß

B = Behälter

K = Sammelkanne

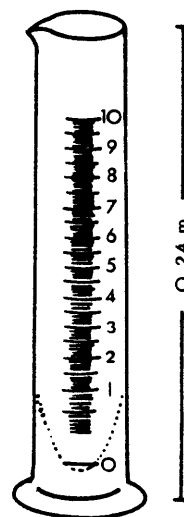
Zusammengesetzter Niederschlagsmesser



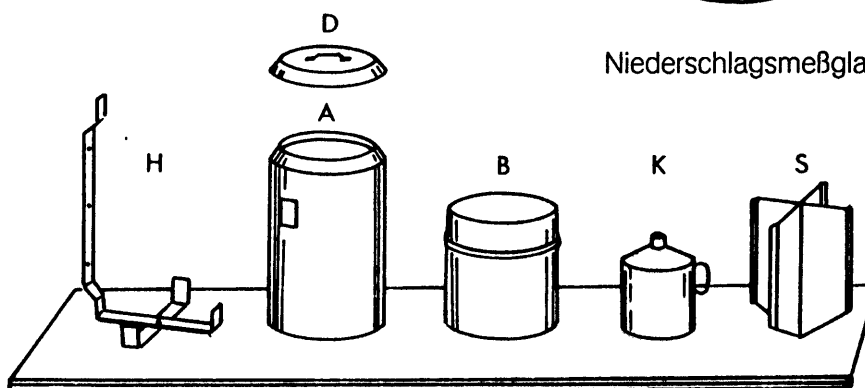
Ablesung der Niederschlagshöhe

Der Niederschlagsmesser ist derart mit dem Halter (H) an einem Pfahl befestigt, daß sich die kreisrunde Auffangfläche waagrecht genau 1 Meter über dem Erdboden befindet, in schneereichen Gegenden 1,25 bis 1,50 Meter. Die Auffangfläche beträgt  $200 \text{ cm}^2$ . Das Auffanggefäß (A), das nach unten mit einem eingelötetem Trichter abschließt, ist dem Behälter (B) aufgesetzt; in diesem befindet sich die Sammelbande (K). Jede Station besitzt zwei Niederschlagsmesser. Der zweite dient nicht nur als Ersatzinstrument für den ersten, sondern auch zum Auswechseln nach Schneefall. Zur Ausrüstung gehören ferner zwei Meßgläser, ein Deckel und zwei Schneekreuze.

Das Meßglas ist ein etwa 24 cm hohes zylindrisches Gefäß, das außen mit Teilstrichen versehen ist. Der Zwischenraum von einem Teilstrich zum nächsten entspricht einer Niederschlagshöhe von einem Zehntelmillimeter = 0,1 mm. Die ganzen Milliliter sind durch längere Striche und durch die Zahlen 1 bis 10 gekennzeichnet.



Niederschlagsmeßglas



Einzelteile des Niederschlagsmessers (H = Halter, D = Deckel, A = Auffanggefäß, B = Behälter, K = Sammelkanne, S = Schneekreuz)

### 8.2.6 Beobachtung von Bewölkungsmenge und -dichte

#### Bewölkungsmenge

Es wird geschätzt, wieviel Achtel der gesamten Himmelsfläche von Wolken oder Nebel bedeckt werden. Dabei denkt man sich die Wolken zusammengeschoben und schätzt den Bedeckungsgrad ab.

Die Bewölkungsmenge wird nach einer neunteiligen Skala (0-8) angegeben:

- 0 = wolkenlos
- 1 = 1/8 des Himmels (oder weniger) ist bedeckt
- 2 = 2/8 des Himmels sind bedeckt
- 3 = 3/8 des Himmels sind bedeckt
- 4 = 4/8 des Himmels sind bedeckt
- 5 = 5/8 des Himmels sind bedeckt
- 6 = 6/8 des Himmels sind bedeckt
- 7 = 7/8 des Himmels (oder mehr) sind bedeckt
- 8 = der Himmel ist ganz bedeckt

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| Die Bewölkungsmenge 0 | wird nur bei völlig wolkenlosem Himmel angegeben.   |
| Die Bewölkungsmenge 1 | wird auch dann angegeben, wenn nur die geringsten Wolken Spuren am Himmel sind, die weniger als 1/8 des Himmels bedecken.               |
| Die Bewölkungsmenge 7 | wird auch dann angegeben, wenn zwar mehr als 7/8 des Himmels bedeckt sind, jedoch noch geringe wolkenfreie Himmelsteile erkennbar sind. |
| Die Bewölkungsmenge 8 | wird nur bei völlig bedecktem Himmel angegeben. Es darf kein blauer Himmel, bzw. es dürfen keine Sterne zu sehen sein.                  |

Wenn der Betrachter ganz von Nebel umgeben und kein wolkenfreier Himmel über ihm zu sehen ist, wird die Bewölkungszahl 8 notiert. Schimmert bei Nebel der Himmel durch, oder sind Sterne sichtbar, so ist weniger als 8 zu notieren.

### Bewölkungsdichte

Die Dichte der Bewölkung wird durch die Ziffern 0, 1 oder 2 gekennzeichnet. Es bedeuten:

- 0 = dünne Wolken (Sonne und Mond gut erkennbar, Gegenstände werfen Schatten)
- 1 = mäßig dichte Wolken, je nachdem ob die Wolken heller oder dunkler aussehen (Sonne oder Mond nur als heller Fleck erkennbar)
- 2 = sehr dichte Wolken (Sonne oder Mond nicht erkennbar)

Bei wolkenlosem Himmel (Bewölkungsmenge 0) wird anstelle der Dichtezahl ein Punkt gesetzt.

Beispiele für Angaben zu Bewölkungsmenge und -dichte:

<u>Menge</u>	<u>Dichte</u>	<u>Bedeutung</u>
8	0	= Der Himmel ist mit einer dünnen Wolkenschicht ganz überzogen
3	1	= drei Achtel des Himmels sind mit mäßig dichten Wolken bedeckt
4	2	= die Hälfte des Himmels ist mit sehr dichten Wolken bedeckt
0	.	= der Himmel ist wolkenlos.

### 8.3 Unterrichtsbeispiele, Arbeitsblätter

#### 8.3.1 Was ist eigentlich Wetter?<sup>2</sup>

Wenn du über diese Frage nachdenkst, dann fallen dir bestimmt viele Erscheinungen, Begriffe und Bezeichnungen ein, die mit dem Wetter im Zusammenhang stehen.

Ordne sie in die nachfolgenden Felder ein.

1. Was kannst du vom Wetter sehen?	2. Was kannst du vom Wetter hören?
3. Was kannst du vom Wetter fühlen?	4. Was kannst du vom Wetter messen?
5. Welche Meßgeräte kennst du?	6. Woher weißt du, wie das Wetter am nächsten Tag wird?

<sup>2</sup> Nach HIBS (Hg.): 1989, S.41





## BEOBACHTUNGSTABELLE

Monat: \_\_\_\_\_ Jahr: \_\_\_\_\_ Ort: \_\_\_\_\_ Name: \_\_\_\_\_

Temperatur	°																																																			
Niederschlag	(mm)																																																			
Windstärke	(km/h)																																																			
Windrichtung																																																				
Bewölkung	$\frac{1}{4}$																																																			
	$\frac{1}{2}$																																																			
	$\frac{3}{4}$																																																			
	$\frac{4}{4}$																																																			
Sonnenstunden	(Std.)																																																			
Feuchtigkeit	%																																																			
Barometerstand	(rnb)																																																			

( )

( )



### 8.3.3 Besuch des Wetteramtes

Dem Besuch des Wetteramtes sollte ein Vorbesuch oder Vorgespräch der Lehrerin/des Lehrers vorangehen, um mit der Mitarbeiterin/dem Mitarbeiter des Wetteramtes den Zweck/die Zielsetzung(en) des unterrichtlichen Vorhabens abzusprechen. Man beugt insbesondere auch der Gefahr vor, daß die Schülerinnen und Schüler sich in der Fülle von Eindrücken und Informationen nicht mehr zurechtfinden und unaufmerksam werden.

Es hängt vom Vorgespräch mit der Mitarbeiterin/dem Mitarbeiter ab, welche Vorkenntnisse die Schülerinnen und Schüler haben sollten. Oftmals wird erwartet, daß die Schülerinnen und Schüler ein Grundverständnis der Wetterelemente haben, auf dem dann etwa Untersuchungen der entsprechenden Meßgeräte sowie Meß-Beobachtungsverfahren aufbauen können.

Auf jeden Fall sollte der Befragung von Meteorologinnen/Meteorologen über die Wettervorhersage im Unterricht eine Einführung in die Wetterkarte vorangegangen sein, die im 6. Jahrgang durchaus erfolgen kann.

Sofern die Schülerinnen und Schüler in den Jahrgangsstufen 5 - 7 mit dem arbeiten in Kleingruppen vertraut gemacht worden sind, empfiehlt sich auch eine Aufgabenteilung der Fragen in Gruppen, die im Wetteramt besprochen werden sollen.

Die Aufgaben können sich auf folgende Themen beziehen:

- Wettervorhersage (kurz-, mittel- und langfristig, globaler Wetterfernmeldedienst, Wettersatelliten (METEOSAT)) und/oder
- Aufgaben des Wetteramtes (im Rahmen des Deutschen Wetterdienstes): Tätigkeit für das Zentralamt in Offenbach; praktischer Wetterdienst, z. B. Beratung von Wirtschaft und Öffentlichkeit; Wetterwarndienst; Auskunfts- und Gutachtertätigkeiten.

Der praktische Wetterdienst betreibt regionale, angewandte Klimatologie und Meteorologie für den Bereich des Wetteramtes (siehe Tabelle "Beziehungen zwischen Mensch und Klima/ Wetter", S. 64 f.). Da der Aufgabenbereich wichtige Bezüge zwischen Mensch und Klima/Wetter im Lebens- und Erfahrungsraum der Schülerinnen und Schüler widerspiegelt, bietet er zahlreiche Unterrichtsbeispiele für eine Erschließung von Wetter und Klima "vom Menschen aus". Insofern empfiehlt es sich, sich beim Vorbesuch/Vorgespräch im/mit dem Wetteramt eingehend über die regionalen Schwerpunkte des praktischen Wetterdienstes zu informieren.

### 8.3.4 Unterrichtsbeispiel zum Thema "Smog"

Beim Thema "Smog" kann beispielhaft gezeigt werden, daß mit steigender Bevölkerungs- und Verkehrsdichte sowie größerer Industrieanlagen auch das Risiko einer Überbeanspruchung der natürlichen Grundlagen der menschlichen Existenz wächst. Ein Teil der Risikofaktoren (z. B. Großwetter-Lage) entzieht sich völlig der menschlichen Einwirkung. Ein anderer Teil (z. B. Ausmaß von Emissionen) ist eine direkte Folge der Ballung und (z. T.) durch menschliche, d. h. gesellschaftliche Interessen beeinflusst bzw. beeinflussbar.

Als Einstieg bietet sich z. B. ein aktueller Zeitungsbericht über einen Fall von Smogalarm oder -gefahr (möglichst aus der Region) an, aber auch ein historischer Text (siehe S. 46).

Folgende Fragen sind zu stellen:

- Welche Ursachen führten zur Entstehung von Smog?
- Welche Gegenmaßnahmen wurden ergriffen bzw. wären sinnvoll gewesen? (siehe S. 48).

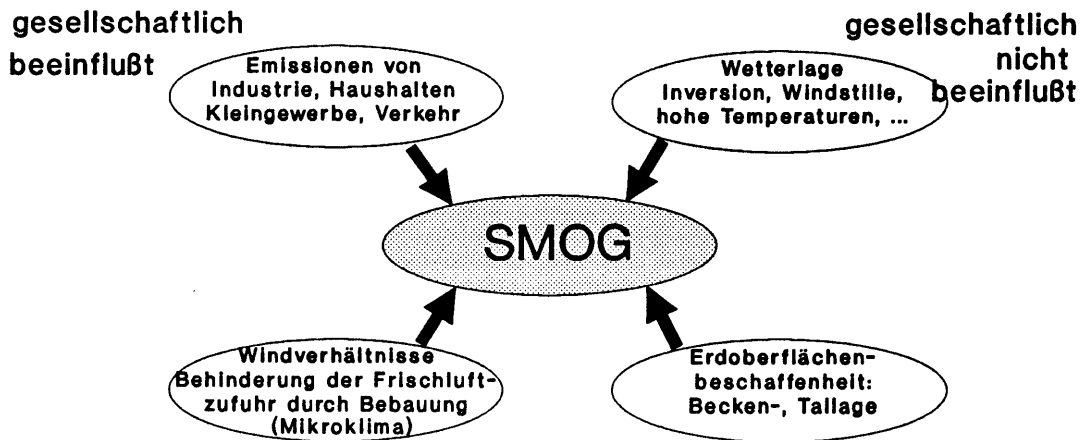
*Unterrichtsverlaufsskizze*

Wesentliche Erkenntnisse über die Ursachen von Smog sind dem (Zeitungs-) Bericht und/oder den anderen verwendeten Quellen zu entnehmen, die den Schülerinnen und Schülern zur Verfügung gestellt werden.

Als wichtige zu erklärende Begriffe erweisen sich:

- Emission* = Aussendung: Ausstoß von Schadstoffen in die Außenluft;
- Immission* = Einwirkung von gasförmigen, flüssigen und festen Schadstoffen auf Menschen, Tiere, Pflanzen, Gebäude, Erdboden und Wasser;
- Inversion* = Umkehrung: in einer mehr oder minder dicken Schicht der Atmosphäre die Unterbrechung des normalen Temperaturabfalls mit der Höhe durch eine Temperaturzunahme.

Als Ursachen von Smog sind zu nennen:



Diese graphische Darstellung kann (als Tafelbildvorschlag) das Produkt der von der Lehrerin/dem Lehrer gesammelten Arbeitsergebnisse sein.

Die Überschriften "gesellschaftlich beeinflusst" bzw. "gesellschaftlich nicht beeinflusst" sollten von der Lehrerin / dem Lehrer nicht vorgegeben, sondern als charakteristischer Unterschied von den Schülerinnen und Schülern erarbeitet werden.

### Der Zusammenhang wird in der Störung klar

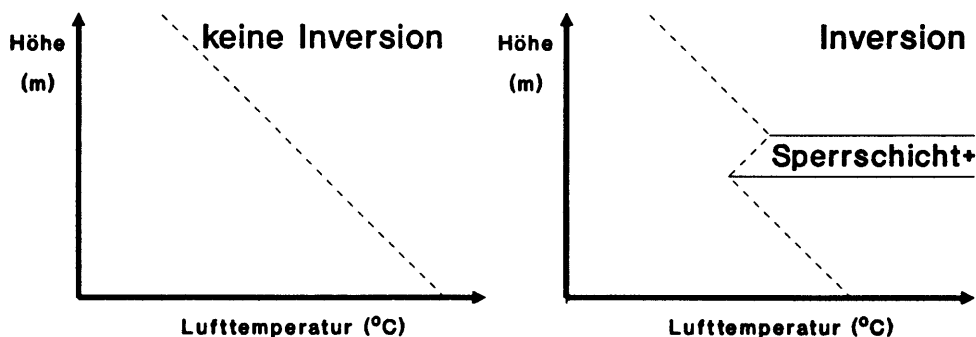
"Der Dezember des Jahres 1952 war in England ein kalter Monat. Man mußte heizen. In London wurden in den Häusern und Fabriken, den Schulen und Krankenhäusern große Mengen von Kohle und Öl verbrannt. Am Morgen des 5. Dezember schob sich über die Stadt eine Schicht sehr kalter Luft und verhinderte den Abzug des Rauchs. Der Rauch konzentrierte sich in niedriger Lage, vom Boden bis zu den Dächern der Häuser. Ruß und Schwefeldioxid vermischten sich mit dem Nebel. Das Sonnenlicht drang nicht mehr durch. Weil so viele Leute gegen Laternenpfähle liefen und sich verletzten, ließ die Stadtverwaltung in Whitehall an den Pfosten Markierungszeichen in Augenhöhe anbringen. Acht Seeleute fanden ihr Schiff nicht wieder und baten einen Hafenzöllner um Hilfe. Der ging voran; nach wenigen Minuten stürzte er in die Themse, zwei Seeleute hinter ihm auch. Die Polizei des Londoner Hafens trug von da an Schwimmwesten und lange Stangen, um Leute aus dem Wasser ziehen zu können. Der Verkehr der Hauptstadt stand fast völlig still.

Es dauerte vier Tage. Das ganze Ausmaß war erst zu überblicken, als man Statistiken und Sterblichkeitsraten hatte. Es war die schlimmste Katastrophe, die London in diesem Jahrhundert in Friedenszeiten erlebt hat. 4.000 Menschen starben am Londoner Smog von 1952, Tausende mußten ins Krankenhaus, wie viele insgesamt krank wurden, ist unbekannt, unzählige Tiere starben.

Ein Zusammenhang wurde klar. Die Menschen waren nicht an der Inversionswetterlage gestorben, sondern am selbstproduzierten giftigen Rauch. Danach wurde eine Reihe von Maßnahmen beschlossen - Verbot der Kohlefeuerung in bestimmten Bezirken Londons, Rußfilter für die Fabriken. Vor allem wurden die Schornsteine höher gebaut." ...

Aus: E. Sens: Am äußersten Rand. In: Kursbuch 85 (1984), S. 137ff

Lufttemperatur in verschiedenen Höhen über dem Erdboden



Die Inversion und ihre Wirkung kann mit folgendem Modellexperiment demonstriert werden.

**Experiment zur Entstehung und Wirkung der Sperrschicht**

**Material:** 2 ca. 20 cm hohe Glasbecher  
2 längere Trinkhalme  
1 Tauchsieder  
1 Zigarette

**Phase 1**

**Phase 2**

Man hält den erhitzten Tauchsieder ca. eine halbe Minute lang in den oberen Teil eines der beiden Glasbecher (Phase I) und erzeugt auf diese Weise dort die in den Luftaustausch sperrende Warmluftschicht. (Da Luft ein schlechter Wärmeleiter ist und von daher zunächst fast kein Wärmeaustausch stattfindet, bleibt die erzeugte Warmluftschicht lange genug erhalten, um ihre sperrende Wirkung demonstrieren zu können).

Danach bläst man durch die bereits in den Gläsern stehenden Halme langsam Zigarettenrauch in jedes Glas. Als Ergebnis ist für kurze Zeit die in Phase II dargestellte Situation sichtbar. Während der Rauch die Warmluftschicht (zunächst) nicht durchdringt, entweicht er aus dem Vergleichsgefäß. Bei der Ausführung des Versuchs vermeide man schnelle Bewegungen und ruckartiges Blasen, da sonst störende Luftverwirbelungen erzeugt werden.

Daß auch die Erdoberflächenbeschaffenheit die Smogbildung beeinflussen kann, zeigt der Hinweis, daß außer dem für seine hohe Emissionen bekannten Ruhrgebiet auch emissionsärmere Gebiete (z. B. Frankfurt/M., Ludwigshafen, Stuttgarter Raum, generell: Verdichtungsräume in Tal- und Beckenlage) smoggefährdet sein können.

Bei der eingangs vielleicht schon erörterten oder abschließenden Behandlung der Problemlösung "Welche Gegenmaßnahmen können ergriffen werden bzw. hätten ergriffen werden sollen/können?", sollte zunächst klargestellt werden, warum die vielerorts eingerichteten Smog-Warndienste (Smog-Alarmplan) keine Lösung des Problems darstellen, sondern daß eine Abhilfe nur von der Luftreinhaltung zu erwarten ist.

Die Erarbeitung technischer und planerischer Maßnahmen zur Luftreinhaltung kann - sofern bereits praktiziert - in Gruppenarbeit erfolgen. Dabei ist zu überlegen, was mit den betreffenden Maßnahmen erreicht werden soll, ob und wie sie durchführbar sind, sowie welche Vor- und Nachteile für die Allgemeinheit oder für einzelne Betroffene entstehen.

### Maßnahmen zur Luftreinhaltung

#### *Technische Maßnahmen*

- Einsatz emissionsarmer Herstellungsverfahren
- Abgas- und Abluftreinigungsverfahren (z. B. Gasreinigungsanlagen, Katalysator)
- Verwendung emissionsarmer Brennstoffe (z. B. Erdgas, entschwefeltes Heizöl)
- Nutzung der Sonnenenergie
- Nutzung der Abwärme von Wärmekraftwerken
- Fernwärmeversorgung anstelle vieler einzelner Heizungsfeuerungen
- Kontrolle der Motoreinstellung von Kraftfahrzeugen
- ...

#### *Planerische Maßnahmen*

- Verbannung des privaten Kraftfahrzeugesverkehrs und des Durchgangsverkehrs aus den Stadtkernen und Wohngebieten
- Vergrößerung des Anteils umweltfreundlicher öffentlicher Verkehrsmittel
- Offenhaltung von unbebauten Grünzonen in Städten für einen verbesserten Luftaustausch
- ...



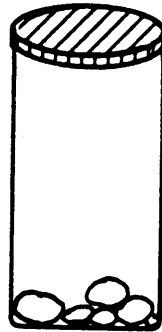
### 8.3.5 Luft-Staub-Test

Staub ist überall, an manchen Orten ist der Staubgehalt größer oder kleiner.

Teste solche Orte: z. B. eine verkehrsreiche Straße/Kreuzung, ruhige Wohnstraßen, Gärten, Parks.

Hierzu kannst Du wie folgt vorgehen:

Beschwere ein Glas/einen Joghurtbecher mit kleinen Steinen. Lege dann Klebefilmstreifen über die Öffnung und befestige diesen mit einem weiteren rundherum unter dem Rand.



Stelle die Testgläser/-becher einige Tage an den genannten Orten auf (an Straßen z. B. auf die Fensterbank vor einem Fenster). Zur Auswertung klebt man die staubigen Filme auf ein "Karo-Papier" und zählt mit der Lupe aus, wieviele Staubteilchen auf einem Quadratzentimeter gesammelt sind.

Sehr eindrucksvoll sieht man die Staubteilchen, wenn man den staubigen Film in einen verglasten Diarahmen einlegt (Testort notieren!) und das Staubbild mit einem Projektor projiziert.

## 8.4 Sachinformationen

### 8.4.1 Das Wetter - regional oder: Die Landschaft macht sich ihr Wetter selbst

Seewind - Landwind

#### *Vorbemerkung*

Die Land-Seewind-Zirkulation hat ihre Ursache ausschließlich in den unterschiedlichsten Erwärmungseigenschaften von Wasser und Land.

Das Land erwärmt sich im Frühjahr und Sommer mit zunehmender Sonneneinstrahlung sehr rasch, kühlt jedoch im Herbst und Winter, wenn die Strahlung schwächer wird, genauso schnell wieder ab.

Die Meeresgebiete dagegen stellen riesige Energiespeicher dar.

Im Frühjahr und Sommer nimmt das Wasser die wachsende Sonnenenergie auf und transportiert sie durch die ständige Wellenbewegung und Turbulenz in tiefere, kältere Schichten. Dadurch erwärmt sich das Wasser an der Oberfläche nur ganz allmählich und erreicht erst Mitte August seine höchste Temperatur. Aber selbst dann ist es kälter als das Land. So werden Nord- und Ostsee kaum wärmer als 21°C.

Wird die Sonnenstrahlung im Herbst und Winter hingegen schwächer, heizt sich das Wasser mit der in der Tiefe gespeicherten Energie auf. So bleibt es wärmer als das Land.

Die Speicherwirkung des Wassers kann man (vor Ort) selbst beobachten. Binnenseen frieren immer vom Ufer aus zu. Dort hat das flache Wasser seine Wärmeenergie bald abgegeben, zudem sorgt die Berührung mit dem kalten Land dafür, daß die Temperatur da zuerst unter den Gefrierpunkt sinkt.

Oder "physikalisch" ausgedrückt:

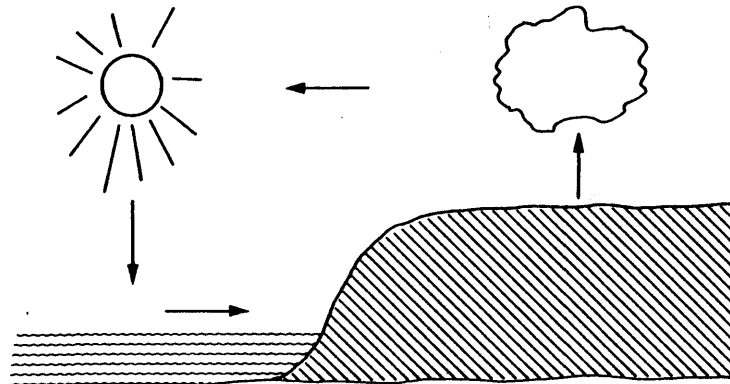
Der Wärmetransport in Flüssigkeiten (und Gasen) findet durch (relativ schnelle) Turbulenzen statt: Läßt man in eine Wanne mit kaltem Wasser heißes Wasser zufließen, dann kann man die thermischen Unterschiede durch Umrühren schnell beseitigen. Solch einen Rührmechanismus stellt die Turbulenz dar. Man spricht vom turbulenten Wärmetransport.

Im Gegensatz dazu erfolgt der Wärmetransport von der Erdoberfläche in die Tiefe nur durch molekulare Wärmeleitung und daher langsam. Die Strahlungserwärmung bleibt darum auf die oberen Schichten beschränkt, so daß sich dort durch die gleiche zugeführte Wärmemenge eine wesentlich stärkere Temperaturerhöhung ergibt, als in der flüssigen Wasseroberfläche, wo die zugestrahlte Wärme durch turbulenten Wärmetransport in tiefere Schichten übertragen wird. So erhält man im Jahresrhythmus eine langsame und geringe Erwärmung und Abkühlung der Meeresgebiete und eine schnelle und starke Erwärmung und Abkühlung der Landgebiete.

## Seewind

Angenommen, bei Sonnenaufgang ist der Himmel wolkenlos und die Lufttemperatur über dem Wasser und Land gleich.

Danach erhebt sich die Sonne und heizt den Boden auf. Dadurch wird die Luft darüber erwärmt, dehnt sich aus und beginnt in die Höhe zu steigen. Als Ersatz strömt die Luft über dem relativ kalten Wasser landeinwärts; dies ist als Seewind zu spüren. Inzwischen baut sich in der Höhe über dem Land der Massenzufluß an Luft wieder ab, indem sie zum Wasser fließt und das Defizit ausfüllt, das durch die landwärts strömende Luft entstanden ist.



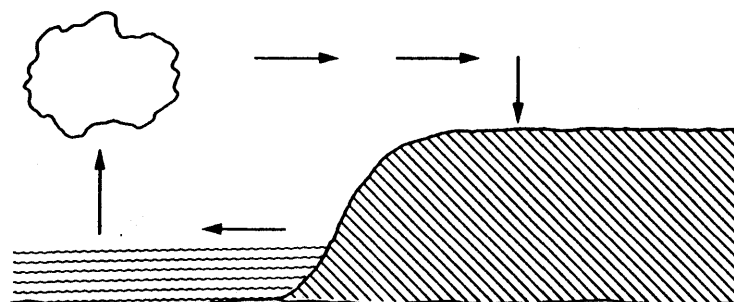
*Windsystem zwischen See und Land: Seewind*

Ein sichtbares Merkmal sind die mehr oder minder großen Kumuluswolken, die sich je nach Feuchtegehalt in dem aufsteigenden Luftstrom über Land bilden. Über dem Wasser bleibt es in dessen wegen der Absinkbewegung wolkenlos, auch über den unserer Küste vorgelagerten Nordseeinseln. Da sie sehr klein sind, die Erwärmung des Inselbodens also nicht zu einem eigenen aufsteigenden Luftstrom ausreicht, können sie das Zirkulationssystem nicht stören.

## Landwind

Nach Sonnenuntergang kühlt sich das Festland rasch ab, häufig so stark, daß es kühler wird als das Meerwasser. Nun weht der Wind für eine Weile überhaupt nicht mehr, doch dann dreht der Wind, denn plötzlich beginnt die Luft vom Land zum Wasser zu strömen. Der Landwind hat eingesetzt, und während über dem Wasser Wolken entstehen, verschwinden die Überreste der nachmittäglichen Bewölkung über dem Land.

Diese ausgeprägte Land-Seewind-Zirkulation hat ihre Ursache also ausschließlich in den unterschiedlichen Erwärmungseigenschaften von Wasser und Land.



*Windsystem zwischen Land und See: Landwind*

Jeder See entwickelt ein solch eigenes Windsystem, das umso ausgeprägter ausfällt, je kühler das Wasser im Verhältnis zur Erwärmung des Landes ist.

Diese Entwicklung verstärkt sich noch, wenn der See von Bergen umgeben ist.

Ein typisches Beispiel hierfür sind die Windverhältnisse am Gardasee in Italien, einem Eldorado für Surfer. Hohe Berge rahmen den See so ein, daß er wie ein nach Süden hin offenes Dreieck daliegt.

So scheint die Sonne morgens auf die Berghänge am Westufer des Sees. Da die Hangneigung das Aufsteigen der Luft verstärkt, fegt diese als Ostwind mit Windstärke 5 bis 6 über den See. Ab Mittag werden die Berghänge am Ostufer beschienen, während die am Westufer im Schatten liegen. Innerhalb von 30 Minuten wechselt die Windrichtung, und jetzt fegt mit gleicher Stärke die Luft von West nach Ost über den See.



## 8.4.2 Wettervorhersage: Von der Bauernregel zum Wettersatelliten

### Überblick

Am Anfang aller meteorologischer Tätigkeit steht die Wetterbeobachtung. Seit Jahrtausenden ist die Menschheit bemüht, Wetterabläufe zu ergründen. Schon im Altertum war der Gebrauch der Windfahne bekannt, und es fanden sich, vor allem in Ägypten, Griechenland und Indien, Aufzeichnungen über das Wettergeschehen, die vornehmlich dazu dienten, die Aussichten für gute und schlechte Ernten zu bestimmen.

Die Anforderungen der Landwirtschaft an Wettervorhersagen führte zu einem umfangreichen Schatz an Bauernregeln, die sich stark am Jahresablauf des Witterungsgeschehens orientierten (siehe S. 56 ff.).

Alle Wetterregeln entstammen der Erfahrung und dienten der Optimierung landwirtschaftlicher Erträge. Sie sind heute praktisch so gut wie nicht mehr brauchbar, da sie vielfältige Verfälschungen erfuhr. Sie wurden durch mündliche Überlieferung verändert, durch Völkerbewegungen gegenstandslos oder durch die Kalenderreform Papst Gregor XIII im Jahre 1582 einem falschen Datum zugeordnet.

Der (im heutigen Sinne) wissenschaftlich brauchbare Anteil dessen, was im Altertum und Mittelalter an Meteorologie beschrieben wurde, besteht aus Niederschriften besonderer Wetterereignisse durch Mönche, Pfarrer, Chronisten oder Stadtschreiber. Diese Dokumente sind wertvolle Hilfsmittel, das Klima vergangener Zeiten und dessen Schwankungen zu rekonstruieren.

Sieht man sich diese Aufzeichnungen einmal näher an, so stellt man fest, daß es schon immer extreme Wettererscheinungen und -veränderungen gab. So fand beispielsweise die Erdbeerenernte im Jahre 1280 bereits im Januar statt und im Jahre 1063 war die Themse 14 Wochen lang zugefroren (siehe Henning 1908).

Die wissenschaftliche Behandlung der atmosphärischen Vorgänge ging Hand in Hand mit den fortschreitenden Erkenntnissen in der Mathematik und Physik, beginnend mit der im 17. Jh. sich entwickelnden Meßtechnik.

Auf Veranlassung von LEIBNITZ wurden in Hannover ab 1678, in Kiel ab 1679 Barometer und Thermometer verwendet. Die Kieler Beobachtungen sind besonders vollständig und sorgfältig durchgeführt worden. Die längste fortlaufende Beobachtungsreihe beginnt im Jahre 1719 in Berlin. Diesen Beobachtungen und Messungen widmeten sich nur einzelne Persönlichkeiten, vornehmlich Universitätsprofessoren, Lehrer und Geistliche; die Vereinheitlichung und die Zusammenschau der einzelnen Beobachtungen fehlten aber noch.

Das erste meteorologische Beobachtungsnetz, das mit einheitlichen Instrumenten und einheitlichen Methoden arbeitete, wurde 1780 in Mannheim eingerichtet. Durch die Initiative des Kaplans HEMMER wurde unter tatkräftiger Förderung durch den Kurfürsten Karl THEODOR die "Societas Meteorologica Palatina", die Pfälzische Meteorologische Gesellschaft gegründet. Das Netz umfaßte 39 Stationen im In- und Ausland. Obgleich es schon nach 1790 wieder seiner Auflösung entgegenging, wurden in der kurzen Zeit wertvolle klimatologische Ergebnisse zusammengetragen. Das Meteorologische Observatorium auf dem Hohenpeißenberg ist noch eine dieser Statio-

nen, die Bestandteil des heutigen Wetterdienstes geblieben sind. Die 1780 eingeführten Beobachtungstermine 7, 14 und 21 Uhr mittlerer Ortszeit sind bis heute im Klimadienst beibehalten worden. Im Hinblick auf ihren historischen Ursprungsort sind sie als "Mannheimer Stunden" bekannt geworden.

Den ersten Nachweis, daß Wetterereignisse mit wissenschaftlichen Methoden vorhersagbar sein können, erbrachte der französische Naturwissenschaftler LE VERRIER.

Ein Sturm, der im Krimkrieg 1854 die alliierte Flotte der Engländer und Franzosen arg zerzauste, war Anlaß für NAPOLEON III., LE VERRIER mit der Untersuchung des Ereignisses zu betrauen. LE VERRIER konnte nachweisen, daß das Unwetter ganz Europa überquert hatte und mit einem Realzeit-Datensammelsystem an zentraler Stelle hätte vorhergesagt werden können. Damit war aus wissenschaftlicher Sicht der Weg geebnet für die Entwicklung von Wetterdiensten.

1875 wurde die Deutsche Seewarte in Hamburg eingerichtet.

Daneben entwickelten sich Institute auf Länderbasis, die eine organisierte Wetterbeobachtung lediglich um der wissenschaftlichen, hauptsächlich klimatologischen Forschung willen betrieben. Darunter seien das Preußische Meteorologische Institut und die Bayerische Landeswetterwarte genannt. Allmählich wandte man sich aber auch der praktischen Nutzbarmachung meteorologischer Erkenntnisse zu, es entstanden Einrichtungen des Wirtschafts- und Flugwetterdienstes.

Die Zusammenfassung aller Einzelinstitutionen geschah erst 1934 im Reichswetterdienst, in dem alle Zweige der Meteorologie ihren Platz fanden. Nach dem zweiten Weltkrieg führten die Wetterdienste der einzelnen Besatzungszonen die Arbeiten des Reichswetterdienstes fort, bis die fachliche und organisatorische Wiedervereinigung in der rechtsfähigen Anstalt "Deutscher Wetterdienst" durch das Gesetz über den Deutschen Wetterdienst vom 11. November 1952 erfolgte. Die Anstalt wurde dem Bundesminister für Verkehr unterstellt.

Die Entwicklung moderner Meßgeräte wie Radiosonden, automatische Wetterstationen, Radar oder Meteorologie-Satelliten oder Hilfsmittel wie schnelle Datenübertragung oder elektronische Datenverarbeitung dienen einer besseren Erhebung und Auswertung von Wetterdaten. Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß die Entwicklung von Meteorologie-Satelliten ein Bestandteil der militärischen Satelliten-Systeme war und ist.

"Meteorologiesatelliten ermitteln nicht nur Informationen über die Wetterbedingungen entlang geplanter Raketenflugbahnen. Ihre Sensoren dienen beispielsweise zur Messung von Sauerstoff- oder Stickstoffdichte oder zum Bestimmen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit der Atmosphäre in unterschiedlichen Höhen. Ein Grund für derartig detaillierte Messungen verschiedener Eigenschaften der Atmosphäre liegt in der Absicht des Militärs die Mechanismen der Wetter- und Klimaentstehung zu studieren, um diese eventuell später zu militärischen Zwecken zu manipulieren. Zusätzlich zu den zivilen Programmen wird von den USA das "Defence Meteorological Satellite Programm" betrieben, das auf zwei Satelliten in 800 km Höhe basiert. Der gegenwärtige Anwendungsbereich dieses Programms liegt in der Ermittlung von Daten zur Verbesserung der Raketenzielgenauigkeit. Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre und Windgeschwindigkeit entlang der vorher berechneten Flugbahnen gehören zu den Faktoren, durch die ihre Zielgenauigkeit beeinflußt wer-

den. Die Witterungsverhältnisse bedingen nicht nur die Korrekturen an der Raketenflugbahnen, sie müssen auch berücksichtigt werden, wenn man die Erdumlaufbahn von Satelliten vorhersagen will." (Kremer 1987; S.26)

Drei Komponenten bilden heute die Kernsubstanz jeglicher Wettervorhersage: Möglichst umfassende Datenerhebung, möglichst rasche Übermittlung an eine Zentralstelle, möglichst vielseitige Auswertung der Daten. Jede Schwäche in dieser Kette mindert die Qualität des Produkts Wettervorhersage.

Die Systematik: Zunächst wird der Zustand des zu betrachtenden Systems, der Atmosphäre, bestimmt. Jedoch bereits mit der Feststellung des Zustandes der Atmosphäre beginnen die Probleme. Wegen der mit manchmal erheblichen Geschwindigkeiten ablaufenden, rückgekoppelten Bewegungsvorgänge, muß je nach Vorhersagedauer das Wetter in unterschiedlich großen Gebieten erfaßt werden. So erfordert eine 24 Stunden-Vorhersage für die Bundesrepublik Deutschland die Erfassung des Wetters im ganzen Bereich Nordamerika-Atlantik-Europa. Für längerfristige Vorhersagen über 24 Stunden hinaus muß mindestens die ganze Nordhemisphäre erfaßt werden. Dabei wirkt sich günstig aus, daß der Äquator für die atmosphärischen Wirkungsgrößen eine gewisse Grenze bildet.

Abschätzungen haben ergeben, daß bis zur 4-Tage-Vorhersage der Fehler noch hinreichend klein bleibt, wenn man lediglich die Beobachtungsdaten der Nordhalbkugel berücksichtigt. Will man jedoch Vorhersagen über 4 Tage hinaus machen, so ist eine globale Betrachtungsweise unausweichlich. Dieses Erfordernis führte dazu, daß ein weltweites Wetterbeobachtungsnetz aufgebaut wurde und mit einem ausgeklügelten Fernmeldesystem dafür gesorgt wird, daß innerhalb kurzer Zeit bei allen Wetterzentralen der Welt prinzipiell das gesamte Beobachtungsmaterial vorliegen kann.

Das Wetterbeobachtungssystem stützt sich auf 7.700 Bodenbeobachtungsstationen, 5.000 Stationen auf Handelsschiffen und 1.050 aerologische Stationen, an denen mit Meßsonden die meteorologischen Parameter bis in 30 km Höhe gemessen werden. An allen Boden- und Schiffsstationen werden gleichzeitig im 3-Stunden-Takt die wichtigsten meteorologischen Größen wie Luftdruck, Lufttemperatur, Windrichtung und -stärke, Luftfeuchte, Bewölkungsmenge und -art, Wolkenhöhe, Sichtweite, Art und Intensität des Niederschlags und sonstige Wettererscheinungen gemessen bzw. beobachtet. Damit läßt sich alle 3 Stunden eine Übersicht des Wetter-Ist-Zustandes erstellen.

Die Messung von Druck, Temperatur, Feuchte, Windrichtung und -stärke (die sog. aerologischen Messungen) wird aus Kostengründen nur alle 12 Stunden durchgeführt.

Die Angaben über die Anzahl der Beobachtungsstationen hören sich zwar imposant an, verglichen mit der Ausdehnung der Erdoberfläche (510 Mio. km<sup>2</sup>) ist das Beobachtungsnetz jedoch noch viel zu dünn. Hinzu kommt, daß vor allem die aerologischen Stationen sehr ungleichmäßig verteilt sind. Auf den Weltmeeren, die immerhin 70 % der Erdoberfläche bedecken, gibt es nur fünf solcher Stationen auf eigens dafür eingesetzten Wetterschiffen! Auch große Landstriche, wie Wüsten- und Gebirgsregionen, weisen nur ein sehr weitmaschiges aerologisches Beobachtungsnetz

auf. Darüber hinaus treten technische Schwierigkeiten mit der Datenerhebung und -zubringung aus den Ländern der Dritten Welt auf, wodurch sich die Lücken in der Übersicht noch vergrößern.

Man versucht diesen Mangel durch zusätzliche Beobachtungssysteme auszugleichen. Es gibt Beobachtungen und Messungen von Flugzeugen, Meßbojen auf See und Sonden, die an driftenden Ballons hängen.

Das modernste Meßsystem sind die *meteorologischen Satelliten*. Deren Meßergebnisse sind allerdings im wesentlichen noch qualitativer Natur. Es ist aber bereits möglich, auch quantitative Werte der Temperatur und des Windes aus den Strahlungsmessungen der Satelliten abzuleiten. Ein prinzipieller Vorteil der Satellitenmessungen ist allerdings die Bereitstellung flächendeckender Informationen, mit dem konventionellen Meßnetz sind nur Punktmessungen zu erhalten.

Mittlerweile existiert ein weltweites Satellitenbeobachtungsnetz, das, bis auf eine Ausnahme, die ganze Erdoberfläche überwacht. Es besteht aus 4 geostationären Satelliten, die den Bereich von 70° Süd bis 70° Nord "im Blickfeld" haben sowie aus zwei auf polaren Bahnen umlaufenden Satelliten, mit denen die Beobachtung der Polarkalotten abgedeckt wird.

### *Kennen die Bauern das Wetter?*<sup>3</sup>

"... Seit vielen Tausend Jahren beobachten Menschen Natur und das Wetter. Wie es sich entwickeln wird - ob freundlich oder unfreundlich - war und ist auch heute noch für diejenigen lebensentscheidend, die von Ackerbau oder der Jagd leben. Immer wieder haben die Menschen versucht, aus verschiedenen Gegebenheiten Schlußfolgerungen zu ziehen, die Hinweise über die künftige Wetterentwicklung geben können. Daraus haben sie die "Bauernregeln" oder Volkswetterregeln gemacht, die seit Jahrhunderten überliefert werden.

Wenn man überprüfen will, ob diese Regeln tatsächlich stimmen, muß man herausfinden, wie sie entstanden sind. Denn was für den Bergbauern gilt, muß nicht unbedingt auch für den Bauern richtig sein, der in der Küstenregion lebt. Außerdem muß man auch untersuchen, wann die Regel entstanden ist. Weil ja in den letzten Jahrhunderten der Kalender mehrfach verändert wurde, und nicht schon immer das Jahr in 365 Tage eingeteilt war. ...

Zuerst sollen hier einige Bauernregeln folgen, die im Lauf der Monate eines Jahres gelten sollen. Ihr könnt also gleich damit beginnen zu untersuchen, ob die Regel in diesem Jahr auch stimmt, wenn Ihr den Monat heraussucht, der gerade gültig ist. Hier aber noch eine *sehr wichtige Vorbe-merkung*. Wenn die Regel einen bestimmten Tag nennt, so ist immer die Wetterentwicklung vor und nach diesem Tag gemeint, also diejenige, die um diesen Tag herum herrscht.

---

<sup>3</sup> Auszüge dieses Textes können zusammen mit den Arbeitsaufgaben am Ende auch als Arbeitsblatt eingesetzt werden.



- Januar* Bleibt der Winter zu fern, so nachwintert es gern.  
Wenn's um Neujahr Regen gibt, oft um Ostern Schnee noch stiebt.
- Februar* Wenn's um Lichtmeß (2.2.) stürmt und schneit, ist der Frühling nicht mehr weit. Ist's dagegen hell und rein, wird ein langer Winter sein.  
Ist St. Peter kalt (22.2.), hat der Winter noch lange halt.
- März* Märzengrün ist bald wieder hin (d. h. wenn es im März warm wird, dann wird es noch einmal kalt).  
Wenn Marien verkündet (25.3.), die Schwalbe sich wieder findet.
- April* Bald trüb und rauh, bald licht und mild, ist der April des Menschen Ebenbild.  
Der März am Schwanz, der April ganz, der Mai neu, halten selten die Treu (d. h. sie sind sich selten gleich).
- Mai* Selten ist der Mai so gut, er bringt dem Zaun noch einen Hut (aus Schnee nämlich).  
Des Maien Mitte hat für den Winter noch eine Hütte.
- Juni* Ist Siebenschläfer ein Regentag (27.6.), regnet's so manche Woche noch danach.  
Auf Glut (in der zweiten Junihälfte) folgt Flut.
- Juli* Wenn die Sonne in den Löwen geht (gemeint ist das Sternbild des Löwen vom 23.7. - 22.8.), die größte Hitze alsdann entsteht.
- August* Was Juli und August nicht taten, läßt der September ungebraten.
- September* Gib auf Ägidi (1. September) wohl acht, er zeigt dir, was der Monat macht.  
Wie Ägidius sich verhält, ist der ganze Herbst bestellt.
- Oktober* Hedwig (15.10.) und Galle (16.10) machen das schöne Wetter alle.
- November* Wie St.Martin sich führt ein (11.11.), soll zumeist der Winter sein.  
Wenn die Gänse Martini auf dem Eis stehen, müssen sie Weihnachten im Kote gehn.
- Dezember* Hängt zu Weihnachten Eis an den Zweigen, kannst Du zu Ostern Palmen schneiden.  
Weiße Weihnachten, grüne Ostern, grüne Weihnachten, weiße Ostern.

Aber nicht nur mit solchen jahreszeitlich bedingten Regeln kann man angeblich mit Hilfe der Bauernregeln das Wetter bestimmen. Die Menschen haben auch die Dinge in ihrer Umgebung genau beobachtet, um daraus entsprechende Schlußfolgerungen zu ziehen.

**Beispiele:**

Mich hat einmal ein Bauer gelehrt, und ich hab's auch zum Teil bewehrt, so die Hölzer (Baumstämme) und die Hecken schwarz scheinen, Regen erwecken.

Dampff's Strohdach nach Gewitterregen, kehrt's Gewitter wieder auf anderen Wegen.

**Bauernregeln und Pflanzen**

Wenn die Bucheckern geraten wohl, Nuß- und Eichbaum hängen voll, so folgt ein harter Winter drauf, es kommt der Schnee mit großem Hauf.

Je fester das Laub an den Bäumen tut halten (also je später es herabfällt), desto strenger wird der Winter walten.

Sitzt das Laub im Oktober noch fest an den Bäumen, kommt ein kalter Winter, wenn auch mit Säumen.

Treibt die Eiche vor der Esche (Edelesche, nicht Eberesche), gibt's im Sommer große Wäsche. Treibt die Esche vor der Eiche, gibt's im Sommer große Bleiche (es wird heiß).

**Bauernregeln und Tiere**

**Mücken:** Wenn die Mücken tanzen und spielen, sie morgiges gut Wetter fühlen.

**Stechmücken und Fliegen:** Fliegen und Schmücken beißen und summen, die Schwalben fliegen tief - ein Unwetter wird kommen.

**Glühwürmchen:** Wenn die Johanniswürmchen hell leuchten im Garten, dann ist gut Wetter zu erwarten.

**Bienen:** Wenn die Bienen eng verkitten, kommt ein harter Winter geritten.

**Ameisen:** Wenn die Ameisen sich mit den Eiern hetzen, so will Regen die Erde benetzen.  
- Baut im Juli die Ameis' groß den Hauf, folgt ein strenger Winter drauf.

**Spinnen:** Weben sie nicht, wird's Wetter sich wenden, geschieht's bei Regen, wird bald er enden.

**Maulwurf:** Ist recht groß der Maulwurfshauf, folgt ein schlechtes Wetter drauf.

**Schnecken:** Beläd die Schnecke sich mit Grund (Erde), so tut sie starken Regen kund. Wenn sie ein grünes Blatt mit sich führt, sicherlich gut Wetter wird.

- Frösche:* Lassen die Frösche sich hören mit Quarren (am Tage), wirst du nicht lange auf Regen harren.
- Fische:* Springende Fische bringen Gewitterfrische.
- Möwen:* Möwen in't Land, Unwetter vor der Hand.
- Krähe:* Wenn die Krähe schreit, ist der Regen nicht weit.
- Lerche:* Wenn die Lerche hoch fliegt und lange oben singt, dann sie gutes Wetter bringt. - Steigt die Lerche stumm und nicht hoch, kommt ein nasses Frühjahr noch.
- Schwalben:* Wenn die Schwalben im Flug das Wasser berühren, so ist in Kürze Regen zu spüren.
- Tauben:* Bleiben die Tauben beim Haus, ist's mit gutem Wetter aus. - Sitzen die Tauben in der Reih auf dem Dach, folgt ein Regen bald danach (auch Gewitter).
- Hühner:* Wenn die Hühner sich weit vom Stall entfernen, so naht anhaltend schlechtes Wetter. - Laufen die Hühner unter's Dach vor Regen, so bleibt er nicht lange zugegen. - Wenn der Hahn vor Mitternacht schreit, ist Landregen nicht weit. - Wenn die Hühner den Schwanz hängen lassen, kommt Regen. - Hocken die Hühner in Ecken, kommt bald Frost und des Winters Schrecken.
- Gänse:* Steht die Gans auf einem Fuß, so folgt bald ein Regenguß.
- Weidevieh:* Merkt, daß heran Gewitter zieh, schnappt auf der Weid nach Luft das Vieh. Auch wenn's die Nasen aufwärts streckt und in die Höh die Schwänze reckt.
- Hunde:* Wenn die Hunde Gras fressen (Katzen und Hühner auch), gibt es Gewitterregen.
- Katzen:* Kätzchen hat geniest, es kommt Regen. - Wenn sich die Katzen Putzen, gibt es gutes Wetter.

### *Bauernregeln und der Himmel*

Morgenrot mit Regen droht.

Wenn in der Sonne Niedergang rot Wolken an den Himmel stehn, der Tag danach wird gewöhnlich schön.

Der Abend rot, der Morgen grau, gibt das schönste Tagesblau.

Gibt Ring oder Hof sich Sonn oder Mond, bald Regen und Wind uns nicht verschont.

Sternschnuppen im Winter in heller Masse, melden uns Sturm und fallen ins Nasse.

...

### *Arbeitsaufgaben*

- *Sucht ein paar Bauernregeln, die ihr untersuchen wollt; schreibt sie auf große Zettel und hängt sie in eurem Gruppenraum auf.*
- *Bildet kleine Gruppen, die sich zusammen drei Regeln vornehmen, also die in den Regeln genannten Zusammenhänge genau zu beobachten versuchen, am besten mit Papier und Bleistift.*
- *Tragt immer wieder die Ergebnisse eurer Beobachtungen zusammen und schreibt sie auf den Bauernregelzettel; malt Bilder zur Erklärung dazu.*
- *Kommt zu Schlußfolgerungen (stimmt oder stimmt nicht, stimmt nur manchmal); überprüft diese Schlußfolgerungen immer wieder durch erneutes Beobachten. (Vielleicht ist das, was in diesem Jahr so war, im nächsten ganz anders?!)*

...

*Versucht doch einmal, einigen ausgewählte Bauernregeln in kleine Spielszenen zu fassen. Ihr könnt sie als Bilderrätseln den anderen Kindern vorführen - oder eine Fortsetzungsgeschichte erzählen. In den Ferien könntet ihr ein Regeln-Finde-Spiel machen; ihr sucht die Bauern der Umgebung auf und befragt sie nach Regeln. Vielleicht stoßt ihr noch auf andere als die hier beschriebenen."*

Andreas Engelmann

(Aus: H. Bücken (Hg.) 1983, S. 43-48)

### 8.4.3 Der Deutsche Wetterdienst

## Historische Entwicklung und gesetzliche Grundlagen

Aus der Abhängigkeit des Menschen vom Wetter resultiert sein Interesse an den Vorgängen in der Atmosphäre, die als physikalische Prozesse erst in der modernen Meteorologie erkannt und erklärt werden konnten. Mit den technischen Erfindungen unseres Jahrhunderts wurden die Voraussetzungen geschaffen, Wetterbeobachtungen im notwendigen Umfang international auszutauschen und die strömungsdynamischen Prozesse mathematisch-physikalisch mit Hilfe von Großrechenanlagen zu beschreiben, so daß auch eine brauchbare objektive Vorhersage des Wetters möglich wird.

Bis zur Gründung des Reichswetterdienstes 1934 blieb der Wetterdienst in Deutschland eine Angelegenheit der einzelnen Länder. Nach dem zweiten Weltkrieg kam es vorübergehend zu selbständigen Wetterdiensten in den Besatzungszonen. In Artikel 74 Nr. 21 des Grundgesetzes der Bundesrepublik Deutschland wurde dem Bund das Recht zugestanden, für den Wetterdienst gesetzgebend tätig zu werden. Am 11. November 1952 wurde mit dem "Gesetz über den Deutschen Wetterdienst" die Grundlage geschaffen, auf der die Arbeit der dem Bundesminister für Verkehr unterstellten nicht rechtsfähigen Anstalt "Deutscher Wetterdienst" basiert. 1990 wurde der Meteorologische Dienst der ehemaligen Deutschen Demokratischen Republik in den Deutschen Wetterdienst integriert.

### Organisation

Der Deutsche Wetterdienst hat 3150 Bedienstete, die auf 158 Dienststellen im gesamten Bundesgebiet verteilt sind. Das für zentrale Aufgaben zuständige "Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes" befindet sich in Offenbach am Main. Dem Zentralamt sind die Dienststellen, die überregionale Aufgaben wahrnehmen, unmittelbar unterstellt. Hierzu gehören die Wetter-



dienstschule, 3 Instrumentenämter, 4 Meteorologische Observatorien, 5 Agrarmeteorologische Beratungs- und Forschungsstellen, die Zentrale Medizinmeteorologische Forschungsstelle, die Zentrale Agrarmeteorologische Forschungsstelle und die Aerologische Forschungs- und Erprobungsstelle. Um den Aufgaben und Bedürfnissen der Länder im

Zusammenhang mit wetterdienstlichen Leistungen nachzukommen, arbeiten in der Bundesrepublik 17 Wetterämter, deren Amtsbereiche überwiegend durch die politische Einteilung des Bundesgebiets bedingt sind. Das in Hamburg befindliche Amt führt die Bezeichnung Seewetteramt, da es maritimeteorologische Aufgaben wahrnimmt.

### Die Aufgaben des Deutschen Wetterdienstes

Das Grundmaterial für die Arbeit des Deutschen Wetterdienstes liefern Beobachtungen und Messungen an der Erdoberfläche und in der freien Atmosphäre. Hierfür unterhält der Deutsche Wetterdienst eigene Beobachtungsnetze. Die Beobachtungen zu den weltweit einheitlichen (synoptischen) Terminen werden an das Zentralamt gemeldet. Von hier aus werden die Werte mit denjenigen anderer Wetterdienste ausgetauscht, denn für eine Wetteranalyse und mehrtägige Wettervorhersage reichen Beobachtungen aus dem nationalen Bereich alleine nicht aus. Im Rahmen der Weltorganisation für Meteorologie (WMO), einer UN-Sonderorganisation, haben sich die nationalen Wetterdienste zusammengeschlossen und unter der Bezeichnung "Welt-Wetter-Wacht" ein leistungsfähiges globales Wetterbeobachtungs-, Datenverarbeitungs- und Wetterfernmeldesystem aufgebaut. Offenbach ist in diesem System als eine der 23 Regionalen Meteorologischen Zentralen international verpflichtet. Das Know-how des Deutschen Wetterdienstes auf dem Fernmeldesektor ist international anerkannt und wird im Rahmen der Entwicklungshilfe der Bundesrepublik und der WMO an

Länder in aller Welt weitergegeben, um den internationalen Wetterdatenaustausch weltweit sicherzustellen und zu beschleunigen. Im Zentralamt werden mit großen Datenverarbeitungsanlagen neben dem im Gesetz über den Deutschen Wetterdienst explizit verankerten internationalen Datenaustausch die Speicherung (Datenbank, Archiv) sowie vom Rechner erzeugte kartenmäßige Darstellungen der Beobachtungen und der mit komplizierten numerischen Modellen berechneten Analysen und Vorhersagen durchgeführt. Auf diesem Informationsmaterial basieren die meisten der an den Erfordernissen der verschiedenen Nutzer orientierten vielfältigen Leistungen des Deutschen Wetterdienstes.

#### Wirtschaftswetterdienst

Aufgabe des Wirtschaftswetterdienstes ist die fachliche Unterrichtung und Beratung der Öffentlichkeit. Die Wetterämter versorgen mit Wetterberichten und -vorhersagen Presse, Funk und Fernsehen, Bildschirmtext und Fernsprechanagedienste der Bundespost. Darüber hinaus gibt der Wetterdienst spezielle Beratungen, Warnungen und Auskünfte an bestimmte Nutzer, wie etwa Sturmwarnungen für die Bauwirtschaft, Frostwarnungen für den Transport empfindlicher Güter oder Gewitterwarnungen an Elektrizitätswerke. Diese Leistungen sind gebührenpflichtig.

#### Flugwetterdienst

Im Rahmen der von der Internationalen Zivilluftfahrt-Organisation (ICAO) festgelegten Arbeitsteilung führt der Deutsche Wetterdienst die meteorologische Sicherung und Versorgung der Zivilluftfahrt durch. Fast 20% des jährlichen Haushalts des Deutschen Wetterdienstes werden hierfür aufgewendet. 1990 erteilten die Flugwetterwarten auf

den Verkehrsflughäfen der Bundesrepublik 655.343 Flugwetterauskünfte, hinzu kommen Abrufe von automatischen Anrufbeantwortern. Über EUROCONTROL wurden für diesen Dienst Gebühren in Höhe von 55 Millionen DM erhoben.

#### Seewetterdienst

Die meteorologische Sicherung und Betreuung der Seeschifffahrt wird vom Seewetteramt Hamburg wahrgenommen. Hierzu gehören u.a. Wetterberichte für Nord- und Ostsee sowie für den Nordatlantik und der Sturmwarndienst für die deutschen Küsten. Die vom Seewetteramt herausgegebenen Routenempfehlungen für Schiffe im Transatlantik-Verkehr gewinnen zunehmend an Bedeutung.

#### Klimadienst

Einen breiten Raum im Aufgabenspektrum des Wetterdienstes nehmen die Tätigkeiten des Klimadienstes ein. Mit den meteorologisch-klimatologisch gewonnenen Angaben der 582 Klimastationen und 3.971 Niederschlagsstationen werden Auskünfte und Gutachten über einzelne lokale Wetterereignisse (Frost-, Glatteis-, Sturm- oder Wasserschäden, die bei Versicherungen oder in Gerichtsverfahren nachgewiesen werden müssen), klimatologische Probleme der Raumordnung, der Landesplanung und des Umweltschutzes erteilt. Auch Gutachten für die Standortwahl von Kraftwerken, die Abschätzung der Veränderungen des Regionalklimas bei der Anlage neuer Straßen, Gutachten für die Anlage von Verkehrsflughäfen, für die Nutzung von Windkraft und Sonnenenergie und die wasserwirtschaftliche Rahmenplanung sind hier zu nennen.

Eng mit dem Klimadienst ist die Medizinmeteorologie

verbunden, die sich mit medizinmeteorologischer und kurortmeteorologischer Beratung befaßt. In Zusammenarbeit mit der Medizin werden unter anderem Fragen der Wetterfühligkeit, z.B. bei Föhn, untersucht.

#### Agrarmeteorologischer Dienst

Die Agrarmeteorologie untersucht den Einfluß der Atmosphäre auf Pflanze und Tier. In Zusammenarbeit mit der Landwirtschaft werden Erkenntnisse gewonnen und in Beratungen umgesetzt, die zur Qualitätssteigerung und Ertragssicherung beitragen. Der agrarmeteorologische Dienst stützt sich bei seiner Arbeit auch auf eine Reihe von speziellen Meßwerten, wie beispielsweise die Bodenfeuchte, und auf etwa 2.100 nebenamtliche phänologische Beobachter, die den jahreszeitlichen Ablauf bestimmter Kultur- und wildwachsender Pflanzen beobachten und bestimmte Eintrittsphasen der Entwicklung melden, wie beispielsweise den Beginn der Apfelblüte.

Die Beratungsdienste für die Landwirtschaft umfassen Blühvorhersagen für Obst, den Phytophthora-Warndienst (Termin für Spritzung gegen die Krautfäule der Kartoffeln), Beregnungsberatungen, Beratungen des Mähdeschereinsatzes, den Polleninformationsdienst, den Auswuchswarndienst für Winterweizen und anderes.

#### Forschung

Der Deutsche Wetterdienst hat im Rahmen seiner Forschungstätigkeit eigene numerische Wettervorhersagemodelle entwickelt, die durch Einsatz im Routinedienst dazu beigetragen haben, daß über 87% der Wettervorhersagen (für den Zeitraum bis 72 Stunden) richtig sind. Zur Zeit richtet sich die Forschung auf dem Gebiet der numerischen Vorhersagemodelle auf die

Berücksichtigung weiterer physikalischer Prozesse kleinräumiger Natur, um die kurzfristigen Wettervorhersagen weiter zu verbessern.

Hierzu trägt auch die Nutzung der Wettersatelliten bei. Der Deutsche Wetterdienst empfängt von den im internationalen Verbund operierenden europäischen und amerikanischen Wettersatelliten Bilder im sichtbaren und infraroten Bereich, die ein wichtiges Hilfsmittel für kurzfristige Wettervorhersagen sind, sowie quantitative Beobachtungsdaten, die unmittelbar in die numerische Wettervorhersage einfließen. Den europäischen Beitrag zu diesem Satellitensystem stellt METEOSAT dar, dessen Programm 1983 in die operationelle Phase getreten ist.

#### Kosten und Nutzen

Der technische Fortschritt in den letzten Jahrzehnten hat auf dem Gebiet der Datenverarbeitung, der Entwicklung des Fernmeldewesens, der Satellitentechnik und des Instrumentenwesens erhebliche finanzielle Aufwendungen erfordert. Im Haushalt des Deutschen Wetterdienstes betragen die Gesamtausgaben im Jahr 1990 etwa 214 Millionen DM. Dem stehen Gesamteinnahmen von knapp 73 Millionen DM gegenüber.

Kosten-Nutzen-Betrachtungen weisen für den Wetterdienst einen Faktor von etwa 1:20 auf und bestätigen somit, daß die für den Deutschen Wetterdienst aufgewendeten Haushaltsmittel volkswirtschaftlich gut angelegt sind.

# DEUTSCHER WETTERDIENST Organisationskarte

(Stand 01.Januar 1991)



### 8.4.4 Beziehungen zwischen Mensch und Wetter/Klima

#### Lebens- und Wirtschaftsbereiche

##### mit Bezug zu Wetter/Klima

##### Beispiele und Zusammenhänge

Landwirtschaft, Obst-, Wein- und Gartenbau

Termine landwirtschaftlicher Arbeiten, Ernteerträge, Pflanzenentwicklung, Frost- und Hagelschäden, künstliche Beregnung, witterungsbedingter Schädlingsbefall, ...

Forstwirtschaft

Wind- und Schneebruch, Waldbrandgefahr bei Trockenheit, ...

Straßen-, Schienen- und Flugverkehr

Behinderung durch:  
Vereisung, Schneefall, starker Regen, Nebel, ...

Schifffahrt

Behinderung durch Nebel, Sturm, Eisgang, ...

Wasserwirtschaft

Witterungsbedingte Abflussschwankungen und Nutzbarkeit von Fließgewässern, Witterung und Nutzwasserreservate (Talsperre, Grundwasser),...

Industrie, Gewerbe

Witterungsbedingte Arbeitsunterbrechungen (Bauwirtschaft), Produktion und Lagerung von Waren mit Empfindlichkeit gegenüber bestimmten Wetterelementen, z. B. Hitze (Süßwaren, Medikamente, Bier), Luftfeuchtigkeit (Teigwaren, Süßwaren, Erzeugnisse von Optik, Feinmechanik und Elektronik), Trockenheit (Wolle, Baumwollverarbeitung, Käsebereitung), ...

Tourismus, Freizeit

Witterungsabhängiger Besuch von Feriengebieten/-orten (Wintersport, Wassersport), wetterabhängige Veranstaltungen, ...

Umweltschutz

Schadstoffausbreitung durch Wind und Regen, Veränderung lokalmeteorologischer Bedingungen im Bereich von Kraftwerken durch die von Kühltürme abgegebene Wärme und Feuchte, vermehrte Dampfnebelbildung bei Abwärmeeinleitung in Flüsse, ...

Gesundheitswesen

Auswirkung des Wetters auf menschliches Befinden und auf Krankheitsbilder, Wetterfühligkeit bei Föhn, Standortwahl von Sanatorien und Erholungszentren, Luftkurort, ...



Landes-, Regional- und Ortsplanung

Standortplanung für emittierende Betriebe von Industrie, Gewerbe und Energiewirtschaft, Erhaltung und Verbesserung des Lokalklimas durch bauliche und verkehrspolitische Planungen (Berücksichtigung lokaler Windsysteme, Offenhaltung von Freiflächen bzw. Auflockerung der Bebauung, ...

Individueller Bereich

Kleidung, Wohnung (Bauweise, Heizungssystem, Lüftung, Klimaanlage), ...

#### **8.4.5 Aufruf der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft und der Deutschen Physikalischen Gesellschaft<sup>4</sup>**

##### **"Warnung vor drohenden weltweiten Klimaänderungen durch den Menschen"**

Warnung vor weltweiten Klimaänderungen

"Der Gehalt der Luft an Kohlendioxid und an weiteren klimawirksamen Spuren-Gasen wie Methan, Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffe, Distickstoffoxid und Ozon (dieses nur in der unteren Atmosphäre), steigt Weltweit bedrohlich an.

Verursacht wird der Anstieg

- an Kohlendioxid  
zum Großteil durch Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas, zum kleineren Teil durch Waldrodungen, Bodenerosion und Entwässerung von Feuchtgebieten,
- an Methan  
durch die Intensivierung von Reisanbau und Viehzucht, vornehmlich in tropischen Gebieten,
- an Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffen  
durch den Betrieb von Kühl- und Klima-Anlagen, die Verwendung von Spraydosen und durch Kunststoffverschäumung,
- an Distickstoffoxid  
durch mikrobielle Zersetzung von Kunstdünger und durch Verbrennung von organischen Substanzen,
- an Ozon in der unteren Atmosphäre (Troposphäre)  
durch Zusammenwirken von Sonnenlicht mit Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen.

---

<sup>4</sup> Bad Honnef, Juni 1987 (Auszüge)

Die genannten Gase, außer Ozon, lassen das Sonnenlicht fast ungehindert auf die Erde einfallen; sie alle behindern aber die Wärmeabstrahlung der Erde in den Weltraum nachhaltig (Treibhauseffekt).

Es besteht der begründete Verdacht, daß schon innerhalb der nächsten 100 Jahre die mittlere Temperatur an der Erdoberfläche durch Anreicherung

- an Kohlendioxid um 1,5 bis 4,5 °C,
- an den anderen Spurengasen um annähernd weitere 1,5 bis 4,5 °C,
- insgesamt also um etwa 3 bis 9 °C ansteigen wird,

wenn die bisher beobachtete Zuwachsrate in etwa konstant und die Verzögerung durch die hohe Wärmekapazität des Ozeans gering bleibt.

Dieser Temperaturanstieg wäre regional und jahreszeitlich durchaus unterschiedlich hoch, in den Tropen etwa halb so hoch, im polaren Winter dagegen etwa zwei- bis dreimal so hoch wie im Mittel.

Jede Temperaturänderung wird aber auch die Atmosphärische Zirkulation beeinflussen und daher Niederschläge umverteilen. Solche weitreichenden Klimaänderungen hätten sicherlich erhebliche, regional unterschiedliche Auswirkungen auf die Lebensbedingungen.

Um der Gefahr solcher drastischen Klimaänderungen rechtzeitig zu begegnen, muß bereits jetzt damit begonnen werden, die Emissionen der genannten Spurengase rasch einzuschränken. Wenn diese Einschränkungen aufgeschoben werden, bis in vermutlich ein bis zwei Jahrzehnten deutliche Klimaveränderungen sichtbar werden, wird es aller Voraussicht nach für eine Eindämmung bereits zu spät zu sein.

#### Aufgerufen sind deshalb

- die Politiker,  
in weltweiter Koordinierung  
die Entscheidungen für eine Einschränkung der Emissionen aller genannten Gase auf ein insgesamt tolerierbares Maß zu treffen,  
in der Bundesrepublik Deutschland  
die diesbezüglichen Entscheidungen über die künftige Energieversorgung und den Gebrauch von Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffen und Kunstdünger voranzutreiben,
- Wirtschaft und Wissenschaft,  
die benötigten Verfahren und Anlagen für rationellere Energienutzung und stärkere Verwendung nichtfossiler Energien verfügbar zu machen,
- jeder einzelne Bürger,  
durch sein eigenes Verhalten zu sparsamerem Einsatz von Energie und damit zur Verminderung der Emission von klimawirksamen Spurenstoffen beizutragen. ...

## PROGNOSEN KÜNFTIGER, VOM MENSCHEN VERURSACHTER KLIMAÄNDERUNGEN

### 1) Anstieg des Gehalts klimawirksamer Spurengase in der Atmosphäre

Seit etwa 1800 stieg der Kohlendioxid-Gehalt der Luft von damals ca. 280 ppm bis auf den heutigen Wert von 347 ppm stetig an, anfänglich um nur ca. 0,2 ppm pro Jahr, heute bereits um etwa 1,8 ppm pro Jahr, entsprechend etwa 3,5 Milliarden Tonnen Kohlenstoff pro Jahr.

Dieser Anstieg wird verursacht durch die künstliche Freisetzung von Kohlendioxid, heute überwiegend durch Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas in Höhe von rund 5 Mrd. t Kohlenstoff pro Jahr, aber auch durch die Zerstörung von Teilen der Biosphäre (Rodung von Wäldern, Bodenzerstörung) in Höhe von 1 bis 3 Mrd. t Kohlenstoff pro Jahr.

Vom künstlich freigesetzten Kohlendioxid sind innerhalb der letzten 100 Jahre nur ca. 40 bis 50 % in der Atmosphäre geblieben. ...

Mangels genauerer Kenntnis nehmen wir für die Abschätzung des künftigen Kohlendioxid-Gehaltes der Luft an, daß auch weiterhin wie bisher ca. 40 bis 50 % der künstlich freigesetzten Menge auf Dauer in der Atmosphäre bleiben:

Die Steigerungsrate der Kohlendioxid-Freisetzung betrug im Mittel der letzten 5 Jahrzehnte ca. 4 % pro Jahr, im letzten Jahrzehnt ca. 2 % pro Jahr.

Bei einer künftigen Steigerung von nur 1 % pro Jahr, wie sie derzeit allein schon von China aufgebracht wird, wüchse innerhalb von 50 bis 100 Jahren der Kohlendioxid-Gehalt der Luft auf ca. 500 bis 600 ppm an. Er würde dann bereits doppelt so schnell wie derzeit weiter steigen. ...

Hinzu kommt noch der steigende Gehalt der Luft an weiteren klimawirksamen Spurengasen; dies sind vor allem:

- Methan (durch die Intensivierung von Reisanbau und Viehzucht, vornehmlich in Tropischen Gebieten, aus Mülldeponien und bei der Handhabung von Erdgas sowie durch Verbrennung von organischen Substanzen),  
Zunahme: 1,2 % pro Jahr
- Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffe (aus Kühl- und Klima-Anlagen, aus Spraydosen und durch Kunststoffverschäumung),  
Zunahme: 4 - 5 % pro Jahr
- das Distickstoffoxid (durch mikrobielle Zersetzung von Kunstdünger und Verbrennung von organischen Substanzen),  
Zunahme: 0,3 % pro Jahr
- Ozon: ...  
Während es in der Troposphäre also in den unteren 10-15 km der Atmosphäre, bei Sonnenlicht und bei Anwesenheit von erhöhten Konzentrationen an Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen

zunimmt, kommt es im Gebiet maximaler Konzentration in der Stratosphäre oberhalb 20 km Höhe bei erhöhten Konzentrationen von Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden zu einer Abnahme, wodurch der weltweite Schutz vor schädlicher UV-Strahlung vermindert wird. Je nach Zunahme unten und Abbau oben, d. h. je nach vertikaler Verteilung, wirkt es als Treibhausgas unterschiedlich stark.

Zunahme: ca. 1 % pro Jahr in der unteren Troposphäre mittlerer Breiten der nördlichen Erdhälfte.

Die weitere Freisetzung der genannten Spurengase mit den heutigen Steigerungsraten würde innerhalb von 50 bis 100 Jahren im weltweiten Mittel einen Temperaturanstieg von vergleichbarer Höhe bewirken wie der Anstieg des Kohlendioxid-Gehaltes der Luft allein.

## 2) Abnahme der Waldflächen

Zum Höhepunkt der jetzigen Warmzeit, vor ca. 5000 Jahren, waren ungefähr 36 % aller Landflächen der Erde von Wald bedeckt, 1800 waren es noch 28 %, heute sind es nur mehr ca. 23 %.

Die weitere Abnahme durch Rodungen beläuft sich derzeit jährlich auf etwa 0,5 % des Bestandes. Diese starke Abnahme der Waldflächen wird vor allem auf den Wasserhaushalt einwirken und auch den Kohlenstoffkreislauf ändern.

## 3) Vorhergesagte Klimaänderungen

... Der Anstieg des Gehalts der Luft an klimarelevanten Spurengasen innerhalb der vergangenen 100 bis 200 Jahre sollte Klimamodellrechnungen zufolge einen Anstieg der mittleren Temperatur auf der Erde um ca. 0,5 °C bewirkt haben. ...

Ein solcher Temperaturzuwachs deutet sich zwar an, er liegt aber innerhalb der natürlichen kurzzeitigen Temperaturschwankungen.

Bei einem weiteren Anstieg des Gehaltes der Luft an Kohlendioxid und anderen Spurengasen wie bisher könnten die dadurch bedingten Temperaturerhöhungen in etwa ein bis zwei Jahrzehnten ein Ausmaß erreichen, das deutlich über dem der natürlichen Schwankungen liegt, also klar erkennbar würde. ...

Noch spekulativer sind die Vorhersagen über mögliche damit verbundene Niederschlagsänderungen. So könnten beispielsweise

- die Niederschläge in den feuchten Tropen sich noch erhöhen,
- die heutigen Trockenzonen im nördlichen Afrika, in Arabien, in Zentral-Asien und in den südlichen Teilen der USA sich um einige hundert Kilometer nach Norden verlagern und damit die heutigen dichtbesiedelten, fruchtbaren Winterregenzonen um das Mittelmeer, in den USA und in der südlichen UdSSR in subtropische Trockengebiete verwandeln.

Das zu erwartende teilweise Abschmelzen des Meereises verstärkt die Absorption der Sonneneinstrahlung im Polargebiet und damit die Temperaturzunahme. Dieser Effekt ist in den Klimamodellrechnungen berücksichtigt.

Der seit Beginn dieses Jahrhunderts beobachtete Anstieg des Meeresspiegels um ca. 10-20 cm wird wahrscheinlich weitergehen und könnte innerhalb der nächsten 50 bis 100 Jahre 0,3 bis 1,2 m erreichen.

## II) EMPFEHLUNGEN FÜR WIRTSCHAFTLICHES UND POLITISCHES HANDELN

...

### WEGE ZUR EMISSIONS-MINDERUNG VON SPURENGASEN

Die nötige Verminderung um beispielsweise 2 % pro Jahr beim Verbrauch von Kohle, Öl und Gas, d. h. Verminderung auf ein Drittel in 50 Jahren, wird sicher schwierig. Es ist zu bedenken, daß in dieser Zeit die Weltbevölkerung immer noch stark wachsen wird und die fossilen Brennstoffe jetzt noch fast 90 % des Energiebedarfs decken; der Rest ist Wasserkraft und Kernenergie. (Die großen Mengen an anderen Brennstoffen wie Brennholz und Dung, die in den Entwicklungsländern genutzt werden, sind in den Statistiken nicht erfaßt. Sie tragen außerdem, weil Teil des natürlichen Kreislaufes, nicht zum Anstieg des Kohlendioxidgehaltes bei).

Der Verbrauch fossiler Energieträger kann reduziert werden durch Verminderung des Bedarfs und durch vermehrte Nutzung nichtfossiler Energien. ...

Verminderung des Bedarfs:

- z. B. durch bessere Wärmedämmung von beheizten Räumen und durch Reduktion des Treibstoffverbrauchs von Kraftfahrzeugen,
- durch Verbesserung des Wirkungsgrads bei der Umwandlung fossiler Brennstoffe zu Endenergie (Wärme, Strom, Treibstoffe) und bei deren Nutzung,
- durch verstärkten Einsatz von Fernwärme vor allem durch gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme in Heizkraftwerken.

Vermehrte Nutzung nichtfossiler Energien:

- Erneuerbare Energiequellen tragen in der Bundesrepublik Deutschland gegenwärtig durch Wasserkraft und etwas Brennholz mit 1,7 % zur Energieversorgung bei. Durch intensive Ausschöpfung aller Quellen (Wind Wasserkraft, Solarstrahlung, Biostoffe) könnte in wenigen Jahrzehnten eine Energiemenge in Höhe von mehr als 10 % des heutigen Bedarfs bereitgestellt werden.
- Kernenergie trägt gegenwärtig in der Bundesrepublik Deutschland mit 11 % zur Primärenergieversorgung bei. Sie wird derzeit fast nur zur Stromerzeugung eingesetzt, liefert aber im ersten Umwandlungsschritt Wärme und kann daher auch zur Erzeugung von Prozeßwärme und Fernwärme verwendet werden.

Die Vorräte an Kernbrennstoffen sind nach menschlichen Maßstäben unerschöpflich. Bei der Nutzung von Kernenergie muß das höchstmögliche Maß an Sicherheit nicht nur in der Bundesrepublik Deutschland, sondern weltweit angestrebt werden.

Ein Ersatz der Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffe durch in jeder Hinsicht weniger schädliche Stoffe als auch die Einschränkung des Einsatzes von Kunstdünger sollte keine unüberwindlichen Schwierigkeiten bereiten und ist daher uneingeschränkt zu fordern.

An weiteren vielleicht in Zukunft verfügbaren, großen Energiequellen sind zu nennen:

- Solkraftwerke: Eine Gewinnung von Solarwärme in großem Umfang, dies bei Temperaturen von einigen Hundert °C, ist über lichtkonzentrierende Kollektoren in den sonnenscheinreichen Zonen der Erde erreichbar. Die Technologie von Solarkraftwerken wurde bislang nur im Megawattbereich erprobt. Ein wirtschaftlicher Betrieb wird erst für Anlagen von mindestens 100 Megawatt elektr. Leistung (entsprechen Kollektorflächen von mehreren Quadratkilometern) erwartet. Erst die Erfahrung mit Kraftwerken entsprechender Größe kann ihre Wirtschaftlichkeit erweisen.
- Photovoltaik-Solkraftwerke: Eine direkte Umwandlung von Sonnenlicht in elektrischen Strom wird in Zukunft auch in größerem Umfang über Solarzellen möglich sein. Als Technologien werden heute u. a. kristalline und amorphe Siliziumzellen sowie Mehrschichtzellen aus diversen Halbleitermaterialien diskutiert.  
In beiden Fällen könnte die elektrische Energie zur Speicherung für die dunklen Stunden durch Elektrolyse von Wasser zu Wasserstoff, einen relativ umweltfreundlichen Energieträger, umgewandelt werden (Wasserstoff verbrennt mit Sauerstoff zu Wasser).
- Kernfusion: Im Innern der Sonne wird Energie durch Kernfusion, vornehmlich durch die Verschmelzung von Wasserstoff zu Helium, freigesetzt und letztlich in Wärme umgewandelt. In verschiedenartigen Versuchsanlagen wird seit einigen Jahrzehnten darauf hingearbeitet, die Kernfusion zur friedlichen Energiefreisetzung zu nutzen. Selbst bei einer kurzfristigen Lösung aller noch ausstehenden Probleme einschließlich der Wirtschaftlichkeit könnten Fusionskraftwerke frühestens in etwa 50 Jahren gebaut werden. Die dabei zu erwartenden Schadensrisiken (bedingt z. B. durch den Umsatz großer Mengen des radioaktiven Kernbrennstoffs Tritium) sind heute im einzelnen noch nicht bekannt. ...

## ZUM SCHLUSS

Die von den Spurengasen bewirkten Klimaänderungen kündigen sich nicht spektakulär an, sondern treten im Verlauf von Jahrzehnten ganz allmählich in Erscheinung. Sind sie aber erst einmal deutlich sichtbar geworden, so ist keine Eindämmung mehr möglich.

Die Klimaänderungen sind - abgesehen von einem Krieg mit Kernwaffen - eine der größten Gefahren für die Menschheit, eng verknüpft mit

- 
- der übermäßigen Ressourcen-Nutzung und Umwelt-Belastung, vor allem seitens der Industrienationen
  - und der Bevölkerungsexplosion der weniger entwickelten Nationen.

Die Klimaänderungen können nur eingedämmt werden, wenn weltweit alle Nationen bald alle die vielfältigen, immer einschränkenden Maßnahmen ergreifen, die zu einer rechtzeitigen, ausreichenden Minderung der Emission aller Spurengase insgesamt unumgänglich sind." ...